



SAVONIA

Havuviilun kosteuden tasaannuttamisen optimointi vanerin valmistuksessa

Mikko Pelkiö

Opinnäytetyö

Ammattikorkeakoulututkinto

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Puutekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Mikko Pelkiö	
Työn nimi Havuvuilun kosteuden tasaannuttamisen optimointi vanerin valmistuksessa	
Päiväys 18.4.2013	Sivumäärä/Liitteet 47/2
Ohjaaja(t) Risto Pitkänen, tuntiopettaja; Mauno Multamäki, projekti-insinööri	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) UPM, Pelloksen vaneritehtaat, Pellos 2/Pasi Toivanen, tuotantopäällikkö	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia havuvanerin viulun kosteuden tasaannuttamisen optimointia ja sitä kuinka se vaikuttaa puun käytön hyötysuhteeseen. Työ tehtiin UPM, Pelloksen vaneritehtaiden Pellos 2:lle. UPM vaneriliiketoiminnan tavoitteiden mukaisesti tehtaiden toimintaa on jatkuvasti parannettava, kehitettävä sekä lisättävä tehokkuutta. Puun käytön hyötysuhteen parantamisella ja hukkan minimoimisella näihin tavoitteisiin voidaan vaikuttaa. Työn tarkoituksena oli selvittää ladontaa varten liian kosteiden viilujen tasaannutusaikaa. Pellos 2:lla on liian kosteiden viilujen uudelleen lajittelua varten käytössä uudelleensyöttölaite, jolla viilut syötetään normaalin kuivalajitteluvirran mukana tulleiden viilujen kanssa uudelleen kosteudenmittausta varten. Tavoitteena oli tutkia ja laskea, kuinka kauan kuivalajittelusta tulleiden liian märkien viilujen pitäisi tasaantua, ennen kuin ne syötetään ensimmäisen kerran uudelleensyöttölaitteelle. Tasaannutusajan optimointi on tärkeää, jotta turhaa viilujen liikuttelua ja kiertoa kuivalajittelun, varastoinnin ja uudelleensyöttölaitteen välillä saataisiin vähennettyä mahdollisimman paljon. Kaikkea ylimääräistä viilujen siirtelyä tulisi välttää, koska se aiheuttaa viilujen rikkoutumista ja muuten hyväkuntoista ja tuotantoon kelpaavaa raaka-ainetta menetetään tuotannon ulkopuolelle.</p> <p>Opinnäytetyön käytännönsuus suoritettiin tammi-helmikuussa 2013 seuraamalla ja laskemalla kuivalajittelulinjoilta tulleiden märkien viilujen tasaannutusaikaa ennen uudelleensyöttöä. Mittauksia pyrittiin tekemään kaikille tehtaalla sorvattaville viulun paksuuksille. Tasaannutusajat vaihtelivat yhdestä tunnista useampaan vuorokauteen.</p> <p>Työstä saaduista tuloksista saadaan selville, miten eri tasaannutusajat vaikuttavat siihen, kuinka paljon uudelleensyöttölaitteelle syötetyistä viiluista kiertää kuivalajittelun kautta uudelleen kosteuden tasaannutukseen. Tuloksista saadaan selville myös eri tasaannutusaikojen sekä uudelleensyöttölaitteen vaikutus hylkäykseen menneiden viilujen lukumäärään. Lisäksi tuloksista pystytään näkemään, miten viiluarkkien koot ja eri viulunpaksuudet vaikuttavat tasaannutusaikoihin sekä hukkan määrään.</p>	
Avainsanat Viilu, kosteuden tasaantuminen, hukka, tasaannutusaika, uudelleensyöttölaite	
Julkinen	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Wood Engineering			
Author(s) Mikko Pelkiö			
Title of Thesis Optimizing of Veneer Humidity Stabilization for Plywood Process			
Date	18 April 2013	Pages/Appendices	47/2
Supervisor(s) Mr Risto Pitkänen, Full-time Teacher; Mr Mauno Multamäki, Project Engineer			
Client Organisation /Partners UPM Pellos Plywood Mills, Pellos 2/Pasi Toivanen, Production Manager			
<p>Abstract</p> <p>The aim of this thesis was to research the optimization of stabilizing the humidity in the plywood veneer for the typesetting and how it affects the utilization of wood. The thesis was done in co-operation with UPM, Pellos 2 which is one of the three units of Pellos plywood mills. The efficiency of the factories must be improved, developed and increased continuously according to the objectives of UPM. By improving the use of wood and minimizing material waste these objectives can be reached. The purpose of this thesis was to find the time the too wet veneers needed to be stabilized before the typesetting. Pellos 2 uses a re-feeder for re-sorting the too wet veneers. In the re-feeder the too wet veneers are re-input together with the normal dry veneers and the humidity can be re-measured. The aim was to examine and calculate how long the too wet veneers should be stabilized before they are input to the re-feeder for the first time. The optimizing of the stabilizing time is important so that veneer's unnecessary moving and circulating between dry sorting, stock and re-feeder would reduce as much as possible. Any extra moving of the veneers should be avoided because it breaks the veneers and good enough raw material will be lost.</p> <p>The practical part of this thesis was carried out in January-February 2013 by observing the dry sorting line and calculating time of stabilization of wet veneers before they were input to the re-feeder. Measurements were intended to be done on all veneer thicknesses of the factory depending on the orders. The times of stabilization ranged from one hour to several days.</p> <p>The results of this thesis show how the times of stabilization affect the amount of how many veneers are going to the humidity stabilization again. The results also show how the different times of stabilization and the re-feeder affect the amount of material waste. In addition to this, the results show how the sizes of the veneer sheets and various thicknesses affect the times of stabilization and the amount of material waste.</p>			
<p>Keywords</p> <p>Veneer, humidity stabilization, material waste, time of stabilization, re-feeder</p>			
Public			

ALKUSANAT

Haluan kiittää kaikkia UPM, Pelloksen vaneritehtaiden Pello 2:n työntekijöitä, jotka ovat olleet suurena apuna opinnäytetyön valmistumisessa. Erityiskiitos kuuluu 01-kuivalajittelun työntekijöille ja tehtaan trukkipuskeille. Toimeksiantajan/yhteistyökumppanin edustajia, Pello 2:n tuotantopäällikköä Pasi Toivasta sekä Lean Expert Juha Antmanian haluan kiittää työn ohjauksesta sekä tuntiopettajaa Risto Pitkäästä työn ohjauksesta. Lisäksi haluan kiittää vanhempiani tuesta ja kannustuksesta.

Kuopiossa 18.4.2013

Mikko Pelkiö

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	8
2	UPM PELLOKSEN VANERITEHTAAT	9
3	PUUAINEN KOSTEUS	10
3.1	Kosteus rungon eri osissa	10
3.2	Puun hygroskooppisuus	11
3.3	Puun syiden kyllästymispiste	12
3.4	Puuaineen tasapainokosteus	12
4	VIIILUN KUIVAUS	13
4.1	Viilun kuivaamisen vaiheet	13
4.2	Viilun rakenteelliset muutokset kuivauksessa	14
4.3	Kuivausilman suhteellinen kosteus	14
4.4	Kuivauslämpötilan vaikutus	15
4.5	Viilun kuivaukselle asetetut vaatimukset	17
4.6	Kosteuden mittaaminen	18
5	LÄHTÖTIEDOT	19
5.1	Telakuivauskoneet	19
5.2	Uudelleensyöttölaite	20
6	SUORITETUT MITTAUKSET JA TULOKSET	23
6.1	Mittaustulosten luotettavuuden varmistaminen	23
6.2	Mittausten suorittaminen	24
6.3	Tulokset	25
6.3.1	Tasaannutusaikojen vaikutus markiini menneiden viilujen määrään	26
6.3.2	Viilun paksuuksien vaikutus 01-kuivaajalta tullessiin 8x4 viiluarkkien tasaannutusaikoihin	27
6.3.3	Kuivauskoneiden vaikutus viilujen kosteuden tasaantumiseen	29
6.3.4	Viiluarkin koon vaikutus tasaannutusaikaan	31
6.4	Hukkamäärät	34
6.4.1	Tasaannutusaikojen vaikutus 01-kuivaajalta tullessiin 8x4 viiluarkkien hukkamääriin	34
6.4.2	Kuivauskoneiden vaikutus hukkamääriin	35
6.4.3	Viiluarkin koon vaikutus hukkamääriin	35
6.4.4	Refeederin vaikutus hukkamääriin	36
6.4.5	Refeederin siivouksen vaikutus hukkamääriin	39
6.5	Virhearviointi	40
7	JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO	42

LÄHTEET	47
---------------	----

LIITTEET

Liite 1 Tiedonkeruutaulukko trukkikuskeille

Liite 2 Tiedonkeruutaulukko 01-kuivalajitteluun

1 JOHDANTO

Vanerin valmistuksessa viilun kuivaamisella ja kuivalajittelusta tulleiden ladontaa varten liian märäksi jääneiden viilujen kosteuden tasaannuttamisella on tuotantoprosessin kannalta merkittävä asema. Kuivauksessa määräytyy suurelta osin tuotteen lopukosteus, jonka on oltava mahdollisimman lähellä vanerin lopullista käyttökohdetta. Kuivauksen ja kosteuden tasaannuttamisen tavoitteena on saada viilunkosteus tasolle, joka soveltuu liimaukselle. Kuivausvaiheeseen on kiinnitettävä erityistä huomiota, koska kuivauksessa tehtyjä virheitä ei saada enää korjatuksi ja näin raaka-ainetta menetetään mikä aiheuttaa taloudellisia menetyksiä. UPM vaneriliiketoiminnan tavoitteena on jatkuva toiminnan parantaminen, kehittäminen ja tehokkuuden lisääminen niin asiakaspalvelussa kuin tuotannossakin, johon puun käytön hyötysuhteen parantamisella ja hukan minimoimisella voidaan vaikuttaa.

Työ tehdään UPM, Pelloksen vaneritehtaiden Pellos 2:lle, jossa on ollut vuoden 2010 lokakuusta lähtien liian kosteiden viilujen uudelleen lajittelua varten käytössä uudelleensyöttölaite, jolla viilut syötetään normaalin kuivalajitteluvirran mukana tulleiden viilujen kanssa uudelleen kosteudenmittaukseen. Opinnäytetyön tavoitteena on tutkia ja laskea, kuinka kauan lajittelusta tulleiden liian märkien viilujen olisi syytä antaa varastossa rauhassa tasaantua, ennen kuin ne syötetään uudelleensyöttölaitteelle. Tähän mennessä tasaannutusajoista ei ole tehtaalla ollut käytössä mitään ohjearvoa, vaan vuorosta ja trukkikuskista riippuen, märkäpinkkoja on syötetty uudelleensyöttölaitteeseen tasaannutusajan vaihdellessa hyvin paljon. Tasaannutusajan optimoinnin tavoitteena on saada kosteuden tasaannutuksessa olleesta märkäpinkasta mahdollisimman monta viilua parempiin lajitteluluokkiin eikä enää liian kosteisiin sekä samalla minimoida viiluhukan määrää. Optimaalisimman tasaannutusajan löytäminen on tärkeää, jotta turhaa viilujen liikuttelua saataisiin vähennettyä. Kaikkea ylimääräistä viilun siirtelyä tulisi välttää, koska se aiheuttaa viilun rikkoutumista ja muuten hyväkuntoista ja tuotantoon kelpaavaa raaka-ainetta menetetään tuotannon ulkopuolelle. Viiluhukka on vanerin valmistuksessa merkittävin kustannustekijä. Tässä opinnäytetyössä on käytetty laajasti hyväksi alan kirjallisuutta sekä hyödynnetty yrityksen henkilöstön kanssa käytyjä keskusteluja.

2 UPM PELLOKSEN VANERITEHTAAT

UPM Pelloksen vaneritehtaat sijaitsevat Ristiinan Pellosniemessä, jossa vanerinvalmistus aloitettiin vuonna 1968. UPM Pelloksen vaneritehtaat koostuvat kolmesta yksiköstä (Pellos 1 + Pellos 2 + Pellos 3), joiden yhteenlaskettu vuotuinen tuotantokapasiteetti on 480 000 m³, josta Pellos 2:n osuus on 200 000 m³. Tehtaat valmistavat pitkälle jalostettuja ja korkealaatuisia havuvanereita rakentamiseen, parketti-, kuljetusväline- ja pakkausteollisuuteen. Vientiin tuotteista menee noin 90 %. Tuotteiden valmistamiseen käytetään yhteensä noin 1,1 miljoonaa kuutiota kuusitukkeja vuodessa, jotka UPM Metsä toimittaa kestävän metsätalouden periaatteiden mukaisesti hoidetuista metsistä. (UPM intranet)

Pelloksen vaneritehtaat kiinnittävät suurta huomiota ympäristöasioihin ja tehtaat saavatkin havuvanerin valmistukseen tarvittavan lämpöenergian tuotannon sivutuotteista: kuoresta, reunahakkeesta, purusta ja hiomapölystä. Pelloksen vaneritehtaat työllistävät noin 650 henkilöä. Pelloksen vaneritehtaat ovat UPM:n ylivoimaisesti suurin vanerin valmistaja niin tuotantokapasiteetiltä kuin henkilöstömäärältä mitattuina. (UPM intranet)

3 PUUAINEN KOSTEUS

Puussa olevan veden määrää voidaan kuvata monella tapaa. Keskeisimmät tavat veden määrän määrittelykselle puussa ovat kosteus ja kosteussuhde. Puun kosteudella tarkoitetaan veden massan ja puuaineen kokonaismassan suhdetta. Kosteussuhde määritetään sen sijaan veden massan ja puuaineen kuivan massan suhteeksi. Kosteus sekä kosteussuhde ilmoitetaan prosentteina. (Kärkkäinen 2003, 125.)

Mekaanisessa metsäteollisuudessa (Kuikka & Kunelius 1998, 31) kosteus määritetään seuraavalla kaavalla (1):

$$u = \frac{m_v}{m_o} * 100 \quad (1)$$

missä u = kosteusprosentti, %

$$m_v = m_u - m_o$$

m_v = veden massa, g tai kg

m_u = kostean puun massa, g tai kg

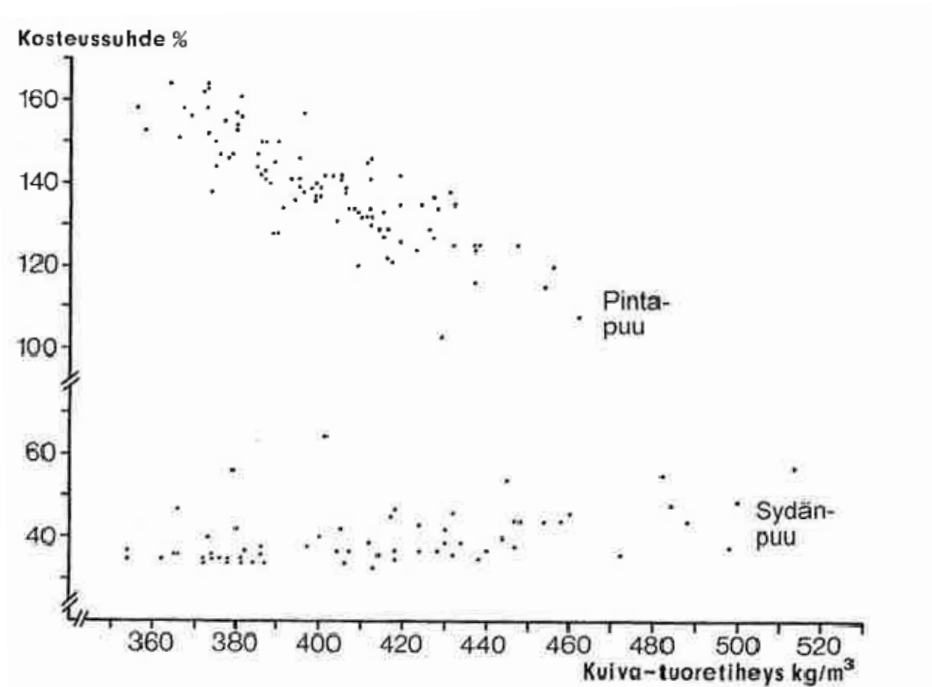
m_o = kuivan puun massa, g tai kg

Muiden kasvien solujen tavoin, puun elävät solut tarvitsevat vettä elintoimintojensa ylläpitämiseen. Puun elävät solut, jotka sisältävät vettä, sijaitsevat nilassa, jälsivöhykkeessä sekä varsinaisessa puuaineessa pintapuun ydinsäteissä ja pitkittäistylppysoluissa. Puun elintoimintojen kannalta tarpeellista vettä on myös puun johdosolukoissa, havupuilla trakeideissa ja lehtipuilla putkiloissa. Elävässä puussa on vettä myös paikoissa, joissa sillä ei ole elintoimintojen kannalta välitöntä merkitystä. Esimerkiksi puun sydänpuussa on vettä, joka vain välillisesti voi olla puun elintoimintojen kannalta tärkeää. (Kärkkäinen 2003, 125.)

3.1 Kosteus rungon eri osissa

Tarkasteltaessa kosteuden vaihtelua rungon eri osissa, varsinkin havupuilla suurin vaikuttava tekijä on sydän- ja pintapuun ero (kuvio 1). Havupuilla sydänpuun muodostumiseen liittyy usein voimakas kosteuden aleneminen verrattuna pintapuuhun. Koivulla ja useimmilla muilla lehtipuilla kyseistä ilmiötä ei esiinny. Sydän- ja pintapuun kosteusero on merkittävä. Havupuilla pintapuun kosteussuhde on noin 120–160 % ja sydänpuun noin 32–40 %. Sydänpuun suhteellisella osuudella poikkipinta-alasta on

merkittävä vaikutus keskimääräiseen kosteussuhteeseen rungon eri korkeuksissa. (Kärkkäinen 2003, 126.)



Kuvio 1. Pinta- ja sydänpuun kosteussuhteen riippuvuus kuiva-tuoretiheydestä (Kärkkäinen 2003, 127)

3.2 Puun hygroskooppisuus

Puu on hygroskooppista eli vettä imevää ainetta, jonka massa riippuu puun sisältämästä kosteudesta. Hygroskooppisuudella tarkoitetaan puun kykyä sitoa itseensä sekä luovuttaa ympäröivään kaasuseokseen vesihöyryä. Kutakin lämpötilaa ja ilman suhteellista kosteutta vastaa puuaineen tasapainokosteus, jolloin siihen tulevan ja siitä poistuvan vesihöyryn määrä on yhtä suuri. (Kärkkäinen 2003, 175.)

Veden poistaminen puusta vaatii veden massayksikköä kohden sitä enemmän energiaa, mitä vähemmän vettä on puussa jäljellä. Samoin kun puuhun sitoutuu vettä, vapautuva lämpömäärä on sitä suurempi, mitä alhaisempi kosteus on. Tilanne ei kuitenkaan enää muutu puun syiden kyllästymispistettä suuremmissa kosteuksissa. (Kärkkäinen 2003, 176.)

3.3 Puun syiden kyllästymispiste

Puun syiden kyllästymispisteellä tarkoitetaan suurinta mahdollista kosteutta, jonka puu voi saada ympäröivästä vesihöyrystä kun ilman suhteellinen kosteus on 100 %. Tällöin soluseinä on täysin kyllästynyt vedellä, mutta soluontelossa ei ole vettä. Tällaista vettä kutsutaan sidotuksi vedeksi. Märän puun soluseinämät ovat täysin kyllästyneet vedellä ja lisäksi onteloissa on enemmän tai vähemmän vettä riippuen puun kosteudesta. Soluonteloissa olevaa vettä kutsutaan vapaaksi vedeksi. Puun kuivuessa sen kutistuminen alkaa puun syiden kyllästymispistettä vastaavassa kosteudessa. Sen sijaan puun kostuessa sen turpoaminen päättyy kyseisessä pisteessä. Puun syiden kyllästymispisteessä puun kosteuteen vaikuttaa lämpötila. Huoneenlämpötilassa puun kosteus puun syiden kyllästymispisteessä kotimaisilla puulajeilla on noin 27–31 %. Lämpötilan noustessa puun syiden kyllästymispisteen kosteus alenee selvästi. (Kuikka & Kunelius 1998, 30.)

3.4 Puuaineen tasapainokosteus

Puu on hygroskooppista ainetta, mikä pyrkii imemään itseensä kosteutta. Puuaineen tasapainokosteus tarkoittaa kosteutta, jossa puu on tasapainossa ympäröivän ilman kanssa. Puun kosteus asettuu sen käyttöolosuhteissa ympäröivän ilman mukaiseen tasapainotilaan. Tasapainokosteudessa ei tapahdu kosteuden siirtymistä kumpaankaan suuntaan. Puuaineen tasapainokosteus on merkittävin kosteustekijä puutuotteiden valmistuksessa ja käytössä. (Isomäki, Koponen, Nummela & Suomi-Lindberg 2002, 48.)

Puuaineen tasapainokosteus eli hygroskooppinen tasapainopiste on erilainen johtuen siitä, onko puun kosteus lisääntymässä vai vähenemässä. Tasapainokosteus on kosteuden vähetessä korkeampi kuin silloin jos se on saamassa kosteutta. Tällaista ilmiötä, jolloin ominaisuus riippuu kappaleen aikaisemmasta tilasta, kutsutaan hystereesiksi. Yleisesti puuaineessa tapahtuvaa kosteuden muutosta kutsutaan termillä sorptio. Puun kosteuden lisääntyessä kyseessä on adsorptio ja vastaavasti puun luovuttaessa vesihöyryä desorptio. (Kärkkäinen 2003, 175.)

4 VIILUN KUIVAUS

Sorvauksesta tullut viilu on erittäin kosteaa eikä sellaisenaan sovellu liimaukseen. Viilun kuivaukseen vaikuttaa suuresti puun kosteus ennen kuivausta. Havupuilla pinta- ja sydänpuun kosteuserojen ollessa varsin suuria, viilun kuivausta ohjataan määremmän pintapuun perusteella. Kuivauksessa viilun kosteus lasketaan tasolle, joka soveltuu vanerin liimaukseen. Liimauksen onnistumisen kannalta viilun keskimääräisenä kosteutena voidaan pitää noin 6 %. Kosteuspitoisuus, johon viilut kuivataan, riippuu liimausmenetelmästä sekä vanereiden käyttötarkoituksesta. Kuivauksessa määräytyy suurelta osin myös tuotteen lopullinen kosteus, jonka tulisi olla mahdollisimman sopiva vanerin lopullisesta käyttökohteesta riippuen. (Koponen 2002, 49–51, 55.)

Viilujen kuivauksessa on käytössä kaksi eri menetelmää. Kuivaus voi tapahtua välittömästi sorvauksen jälkeen, jolloin viilu kuivataan suoraan sorvauksesta tulleen yhtenäisenä viilumattona verkkokuivauskoneella. Verkkokuivausta käytettäessä leikkaus arkeiksi ja lajittelu tapahtuvat kuivauksen jälkeen. Toisessa menetelmässä sorvattu viilu leikataan märkänä ensiksi arkeiksi, lajitellaan koon ja kosteusprosentin mukaan ja vasta sen jälkeen tapahtuu kuivaus telakuivauskoneella. (Koponen 2002, 49.)

Puun kuivaamiseen vaikuttavat useat eri tekijät, kuten kuivattavan puukappaleen paksuus, kuivausilman lämpötila, kuivausilman suhteellinen kosteus, ilman puhallusnopeus puun pintaa vastaan, puun kosteuspitoisuus kuivauksen alkaessa ja loppuessa. Lisäksi eri puulajit käyttäytyvät eri tavoin. Puulajien välillä kuivausaikaan vaikuttavat solurakenne, tilavuuspaino ja pinta- ja sydänpuu. (Koponen 2002, 52.)

4.1 Viilun kuivaamisen vaiheet

Viilun kuivaaminen voidaan jakaa vaiheittain lämpötilan nostoon, varsinaiseen viilun kuivumiseen ja viilun jäädyttämiseen. Koposen (2002, 51) mukaan viilun kuivaus jaetaan seuraaviin vaiheisiin:

- Viilun lämpötilan nousu kuivausilman lämpötilan suhteellisen kosteuden edellyttämälle tasolle, jolloin varsinaista kuivumista ei juuri tapahdu. Kuivattaessa lähes 200 °C:n lämpötilassa tämä vaihe kestää noin 10 sekuntia.

- Viilun kuivausvaihe, jolloin viilun lämpötila on voimakkaan haihtumisen vuoksi lähellä veden kiehumispistettä. Tässä vaiheessa viilu kuivuu hyvin nopeasti ja jokseenkin vakionopeudella puun syiden kyllästymispisteeseen.
- Viilun kuivuminen puun syiden kyllästymispisteen alapuolella on hitaampaa ja viilun lämpötila alkaa lähestyä kuivausilman lämpötilaa. Tämä vaihe alkaa noin 80 sekunnin kohdalla kuivauksen alkamisesta.
- Viilujen jäähdyttäminen käsittelylle sopivaksi. Tässä vaiheessa tasaantuvat myös viilun ulko- ja sisäkerrosten väliset kosteuserot ja viilun epätasaisuutta aiheuttavat kuivausjännitykset pienenevät.

4.2 Viilun rakenteelliset muutokset kuivauksessa

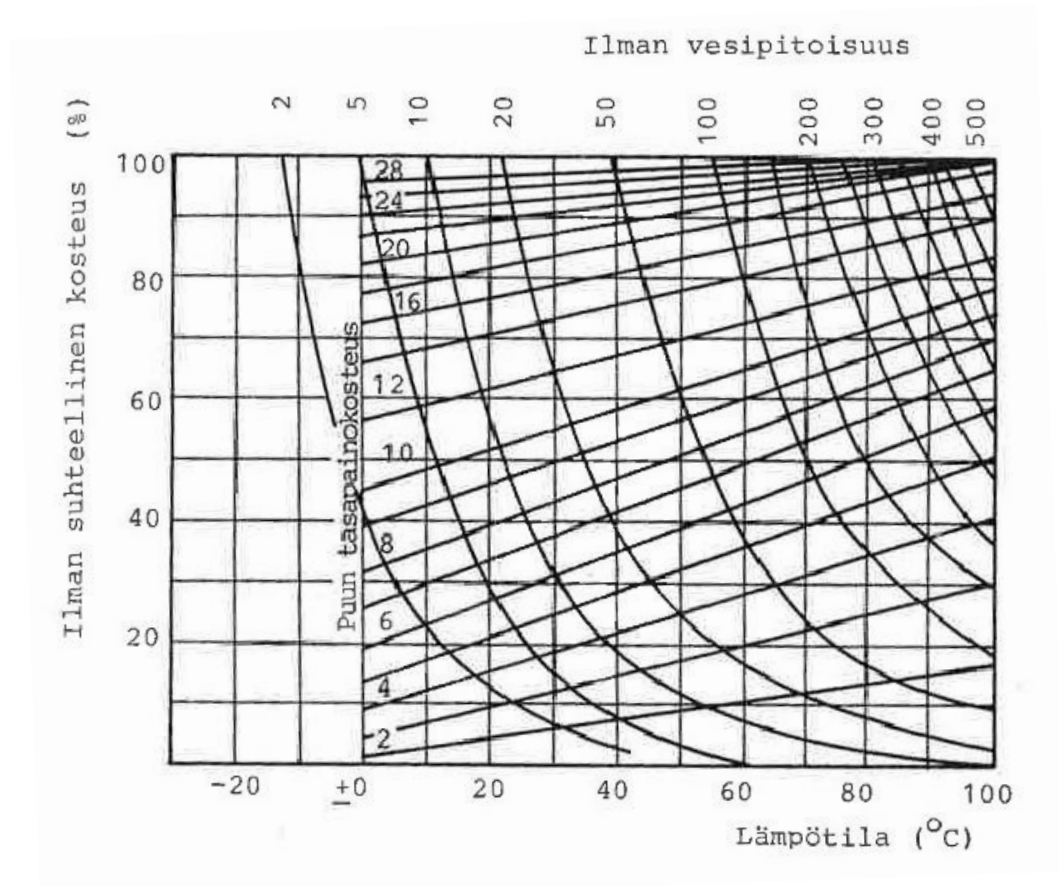
Kuivauksen alkuvaiheessa puussa oleva vesi poistuu aluksi soluonteloista, kunnes saavutetaan puun syiden kyllästymispiste. Vasta tämän jälkeen poistuu solun seinämiin sitoutunut vesi. Tämä solurakenteeseen sidotun veden poistuminen aiheuttaa puun kutistumisen. Puun syiden kyllästymispisteestä alkanut kutistuminen kasvaa jokseenkin suoraviivaisesti täysin kuivaan puuhun asti. Sorvatun viilun kutistuminen viilun tason eli vuosirenkaan tangentin suunnassa on havuviilulla noin 6 %, kun lopukosteuspitoisuus on 5 %. Kutistuma on vuosirenkaan radiaalinen eli puun säteen suunnassa pienempi kuin tangentin suunnassa. Havupuussa myös pinta- ja sydänpuun kutistuma on erilainen.

Viiluun muodostuu kuivauksessa jännityksiä, jotka pyrkivät halkaisemaan sen ja aiheuttamaan viiluun aaltoilua ja kupruilua. Viilun kutistuminen kuivauksessa on otettava huomioon viilun sorvauspaksuuksia määritettäessä. Kutistuminen kuivauksen aikana vaikuttaa myös kuivauskoneen toimintaan, jolloin kuivauskoneen nopeus on sovitettava viilun kutistumisen edistymiseen, jotta välttyttäisiin viilun rikkoontumiselta kuivauksen aikana. Kutistuman ottaminen huomioon perustuu suurelta osin kokemusperäisiin tietoihin. (Koponen 2002, 51.)

4.3 Kuivausilman suhteellinen kosteus

Viilun kuivaus perustuu puun hygroskooppisuuteen eli puun ominaisuuteen asettua ympäröivän ilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden edellyttämään tasapainotilaan (kuvio 2). Tasapainokosteus laskee lämpötilan noustessa, minkä vuoksi viilun kuivauksessa käytetään lähes 200 °C:n lämpötiloja. (Koponen 2002, 49.)

Kuivausilman suhteellisella kosteudella on viilun kuivaustekniikassa suuri merkitys. Kuivausilman suhteellisen kosteuden laskiessa viilu saadaan kuivumaan nopeammin, mutta samalla viilun laatu kuitenkin kärsii, sillä viilusta tulee epätasainen ja koppurainen. Jotta välttyttäisiin viilun epätasaisuudelta, viilu kuivataan ilman suhteellisilla kosteuksilla, joissa kuivauskoneessa vallitseva kastepiste ei ylitä eli kuivauskoneeseen ei tiivisty vettä. Kuivauskoneessa ilma puhalletaan suurella nopeudella viilun pintaan, jolloin kuivumista hidastava, viilusta haihtuvan vesihöyryn muodostama rajakerros pienenee. (Koponen 2002, 53.)



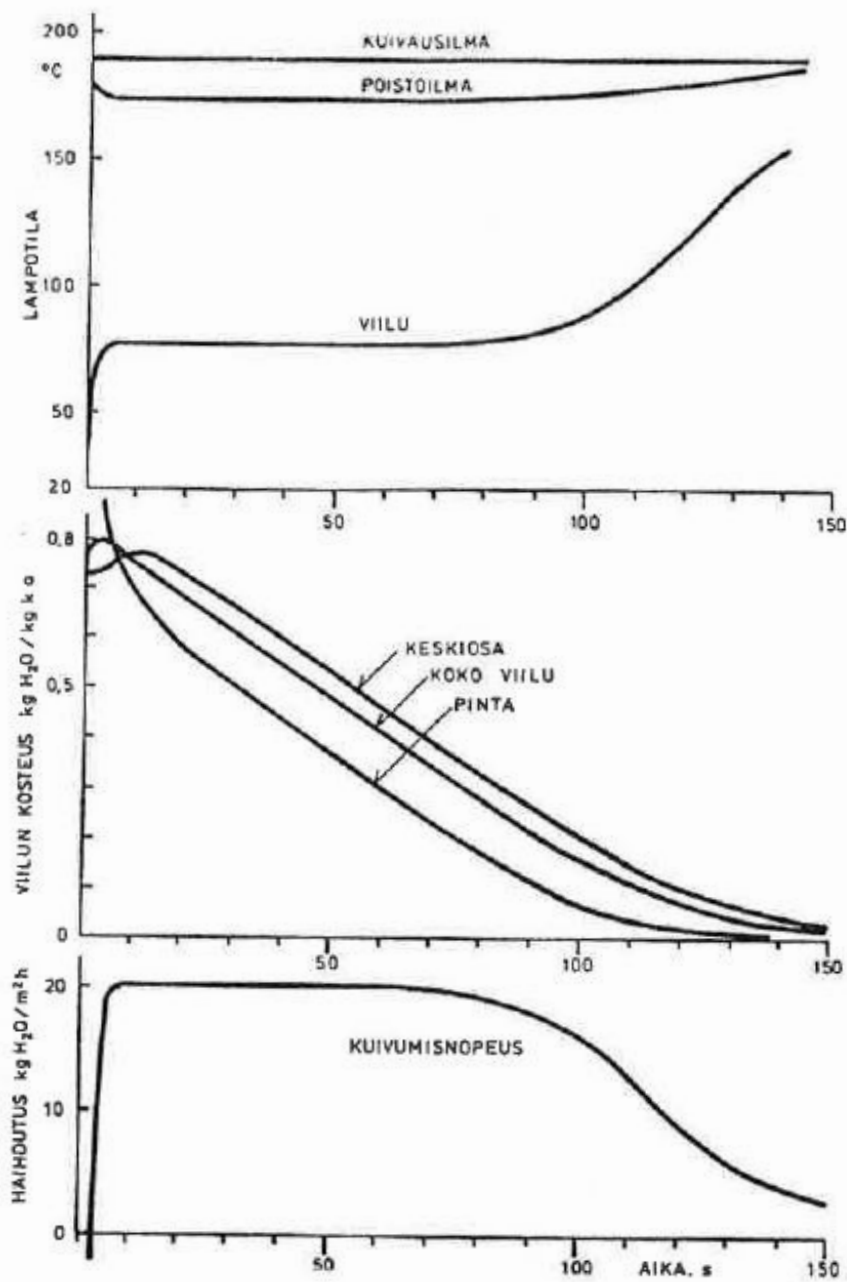
Kuvio 2. Puun tasapainokosteuden riippuvuus kuivausilman lämpötilasta ja suhteellisesta kosteudesta. (Koponen 2002, 50.)

4.4 Kuivauslämpötilan vaikutus

Kuivauslämpötilalla on viilun kuivumisen kannalta erittäin suuri vaikutus. Kuivauslämpötilaa nostettaessa saadaan viilun kuivausaikaa merkittävästi lyhennettyä. Korkeissa lämpötiloissa rajan asettaa kuitenkin viilun tummuminen ja väriasiat sekä suoranainen

puun palaminen. Kuivauslämpötilan tulisi olla vähintään 185 °C, jotta havupuun pihka haihtuisi. (Koponen 2002, 57–58.)

Veden siirtyminen puun sisältä pinnalle on tärkein kuivumiseen vaikuttava tekijä. Veden siirryessä puun sisältä pinnalle on energiaa siirrettävä pinnalta sisälle. Lämpötilan noustessa, veden siirtymisnopeus kasvaa huomattavasti. Kuivauslämpötilaa nostettaessa voidaan lisätä veden siirtymisnopeutta sisältä pinnalle, ja jos ilman suhteellisen kosteuden nostolla hillitään haihtumista pinnalta, päästään pienelläkin sisäosan ja pinnan kosteuserolla suuriin kuivumisnopeuksiin ilman suuria jännityksiä. Jos kuivauslämpötila on korkeampi kuin veden kiehumispiste, vesi kiehuu myös puun sisällä ja kohoava höyrynpaine siirtää vettä puun pinnalle. Veden siirtymisnopeuksista saadaan näin paljon suurempia kuin alle kiehumispisteen ja kuivausajoista saadaan paljon lyhempiä. Viilun kosteuspitoisuuden, veden poistumisen ja lämpötilan muutokset kuivauksen aikana ovat nähtävissä kuviossa 3. (Isomäki, Koponen, Nummela & Suomi-Lindberg 2002, 54.)



Kuvio 3. Viilun kosteuspitoisuuden, veden poistumisen ja lämpötilan muutokset kuivauksen aikana. (Koponen 2002, 52.)

4.5 Viilun kuivaukselle asetetut vaatimukset

Viilun kuivauksen onnistumiselle suurimmat vaatimukset kohdistuvat pääosin kuivaukseen virheettömään ja jatkuvaan toimintaan sekä kuivausprosessin säätämiseen kuivattavalle puulajille sekä viilun paksuudelle mahdollisimman sopivaksi. Kuivauksen onnistuminen perustuu kuivattavan viilun automaattisen kosteuspitoisuuden mittauk-

sen lisäksi viilun teknisen laadun tarkkailuun. Viilun kuivauksen tavoitteena on pyrkiä tasaiseen loppukosteuteen sekä välttämään mahdollisimman hyvin kuivauksessa aiheutuvat jännitykset ja virheet kuten viilun halkeilu, kupruilu, aaltoilu ja väriviat. Viilun kuivaukselle asetettujen vaatimusten täyttäminen luo perustan vanerin liimauksen onnistumiselle, mikä yhdessä oikein suoritetun viilujen lajittelun kanssa vaikuttaa valmiin vanerin laatuun. (Koponen 2002, 57.)

4.6 Kosteuden mittaaminen

Puun kosteus täytyy lähes aina mitata, koska sen suuruus täytyy tietää käyttökohteesta riippuen. Kosteudenmittausmenetelmiä on useita esim. lämpökaappimenetelmä, vastusmittausmenetelmä ja jatkuvatoiminen kosteudenmittaus. Lämpökaappimenetelmässä ensiksi mitataan puusta otetun näytteen massa kosteana. Tämän jälkeen tapahtuu näytteen kuivaus lämpökaapissa absoluuttisen kuivaksi ja puun massa mitataan uudestaan. Vastusmittausmenetelmä perustuu puun ohmisen vastuksen suureen heikkenemiseen kosteuden kasvaessa. Tämä menetelmä sopii käytettäväksi vain puun syiden kyllästymispistettä pienempien kosteuksien mittauksessa. (Kuikka, Kunelius 1998, 31.)

Vanerin valmistuksessa viilun kosteuden mittaamiseen käytetään jatkuvatoimisia kosteudenmittaus menetelmiä. Viilun kosteudenmittaamisessa on laajasti käytössä MVA. MVA on mikroaaltotekniikkaan perustuva viilun pintaan koskematon kosteudenmittausanalyysointilaitteisto, joka mittaa kosteuden läpi viilun. MVA:ssa on ylä- ja alapuoliset mittausanturit, joilla saadaan mitattua viilun kosteus erittäin tarkasti. Lisäksi viilun kosteuden mittaamisessa on käytössä harjamittari, DMA. DMA:ssa on 2-14 harjaa. Kaksi harjoista on referenssiharjoja ja muut mittausharjoja. Harjat mittaavat viilun kosteuden ja tuottavat jokaisesta viilusta kosteuskartan. DMA perustuu sähkönjohtavuuteen harjojen välillä, jonka takia huomattavasti epätarkempi kuin MVA. Viilujen kosteuden mittauksessa käytettyjen mittareiden toimintaa ohjaa PC. Mittareiden tuottamien kosteusalueita verrataan käyttäjän antamiin rajoihin, jonka perusteella viilut kosteuden mukaan lajitellaan. Viilun kosteuden mittaamisen yhteydessä on myös kameranäköön perustuva laadunvalvontajärjestelmä havaitsemaan avoimia vikoja ja määrittämään visuaalisen laadun, joiden mukaan viilun lopullinen laatuluokka määräytyy. (Raute Oyj, www.sivu.fi.)

5 LÄHTÖTIEDOT

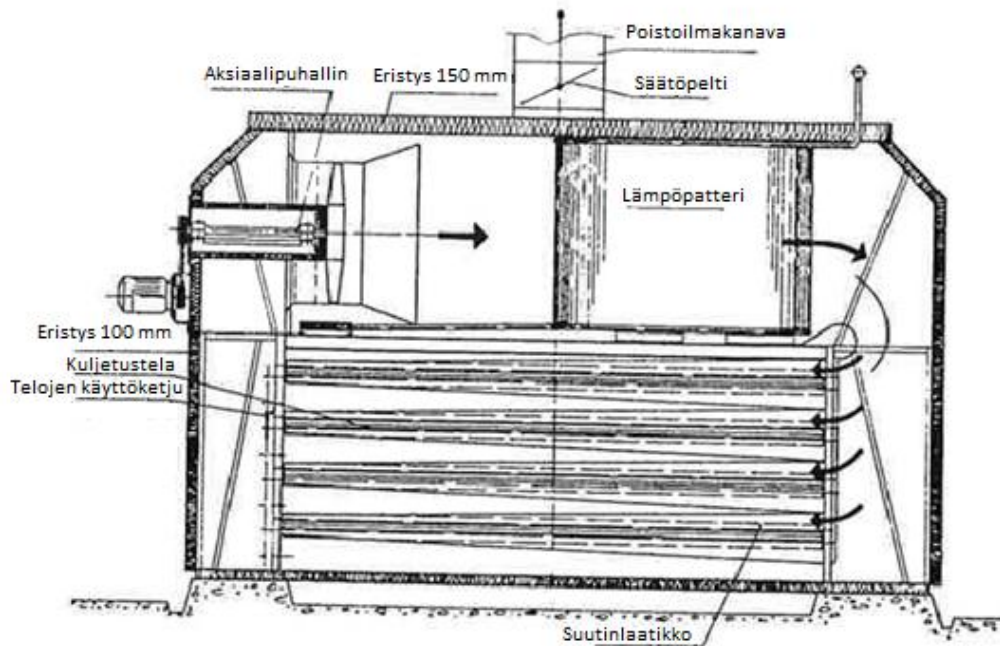
5.1 Telakuivauskoneet

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia ja laskea kuinka kauan tehtaan molemmilta kuivaajilta tulleiden liian märkien viilujen pitäisi antaa tasaantua, ennen kuin ne syötetään ensimmäisen kerran uudelleensyöttölaitteelle. Lisäksi työn tavoitteena oli tutkia kuivauskoneiden ja uudelleensyöttölaitteen vaikutusta viiluhukan määrään. Pellos 2:lla on käytössä kaksi telakuivauskonetta, jotka jaetaan telakuivaajiin 01 ja 02. Ulkomitoiltaan 01-kuivaaja on hieman suurempi. Se koostuu 28 kuivauslohkosta, kun taas 02-kuivaajassa on 23 kuivauslohkoa, joissa kuumailmapuhaltimet sijaitsevat. Molemmissa kuivauskoneissa jäähdytyslohkot ovat yhtä suuret, 4 lohkoa.

Telakuivauskoneisiin viilut syötetään sorvauksen jälkeen leikattuina arkkeina. Sorvilta tulleet viilumatot leikataan ja lajitellaan koon ja kosteuden mukaan. Koot, joihin viilut sorvauksen jälkeen leikataan ja lajitellaan, ovat 8x4 ja 8x8 jalkaa. Lisäksi viiluja lajitellaan kapeampiin saumauskappaleisiin. Sorvilta tulleiden viilujen paksuudet vaihtelevat 2,7 mm:n, 3,3 mm:n ja 3,7 mm:n väliltä. Kuusella pinta- ja sydänpuun kosteuserojen ollessa varsin suuria, kosteusluokkia, joihin viilut kosteuden mukaan lajitellaan, on kolme. Kosteusluokat ovat M1, M2 ja M3, M3:n ollessa kostein luokka. Kuivaajiin ajoa määräävät kyseiset kosteusluokat. Kuivaajiin ajetaan kerralla aina samaan kosteusluokkaan kuuluvia viiluja ja kuivauskoneen olosuhteita ja kuivausparametreja muutetaan kosteusluokan mukaan. Kosteamat viilut tarvitsevat pidemmän kuivausajan ja korkeamman lämpötilan. 01-kuivaaja kuivaa lähinnä pelkästään M3 kosteusluokkaan kuuluvia viiluja. Joskus voidaan ajaa myös kuivempia luokkia, kun 02-kuivaaja on siivoustöiden takia seisokissa. 02-kuivaaja ajaa puolestaan enemmän kuivempiin, M1 ja M2 kosteusluokkiin kuuluvia viiluja. Tästä syystä johtuu se, että 02-kuivaaja on ulkomitoiltaan pienempi ja siinä on vain 23 kuivauslohkoa.

Tehtaan kuivaajat eroavat myös viilujen syöttötavalla toisistaan. 01-kuivaajaan syötetään yleensä molempia viiluarkin kokoja yhdet rinnakkain, kun taas 02-kuivaajaan 8x4 arkkeja leveyssuunnassa kolme rinnakkain. 02-kuivaaja ei aja ollenkaan 8x8 arkkeja. Kapeampia saumauskappaleita ajettaessa, sotkee se hieman normaalia ajoa ja kuivalajittelua. Saumauskappaleita ajettaessa, kuivalajitteluissa märät 8x4 lajitellaan pääraakkiluokkaan. Molemmissa kuivaajissa viilut kulkevat neljässä kerroksessa olevien telaparien vetäminä kuivausvyöhykkeen lävitse. Kuivauskoneen lämpöenergia siirretään kuivaajassa poikittain kiertävään ilmaan lämpöpattereilla. Kuviossa 4. on

esitetty poikittaisella ilmankierrolla ja suutinpuhalluksella varustetun telakuivauskoneen rakennetta.



Kuvio 4. Poikittaisella ilmankierrolla ja suutinpuhalluksella varustetun telakuivauskoneen rakenne. (Koponen 2002, 54)

Koneen loppupäässä viiluarkit jäähdytetään puhaltamalla viilujen pintaan ulkoa otettua ilmaa, kuivauksen jälkeiselle käsittelylle sopiviksi, noin 20–40 asteisiksi. Kuivauskoneiden käyntiä valvotaan kuivalajitteluohjaamoista kuivalajittelijoiden toimesta. Kuivauskoneita valvotaan tietokoneiden avulla seuraamalla viilun alku- ja loppukosteutta, kuivauskoneen kiertoilman lämpötilaa, kuivauskoneen suhteellista kosteutta sekä kuivauskoneen nopeutta.

5.2 Uudelleensyöttölaite

Uudelleensyöttölaite (kuva 1), josta käytetään myös englanninkielistä nimeä refeeder, on Suomen vaneritehtailla melko harvinainen ja sen käyttö on vähäistä. Laajemmin refeeder on käytössä Etelä-Amerikassa. Refeederin käyttöä hankaloittaa se, että se vie paljon tilaa, joten sitä on haastava saada mahtumaan ja sijoiteltua tuotannon kannalta oikein vanhoihin tehtaisiin. Refeeder on Suomessa käytössä vain Pellon 2:lla.

Se on otettu käyttöön vuonna 2010. Työssäni käytän jatkossa uudelleensyöttölaitteesta termiä refeeder.



Kuva 1. Refeeder. Kuva Mikko Pelkiö 2013.

Refeederin käyttö ja toiminta perustuvat siihen, kun kuivaajilta tulleiden viilujen kosteudet mitataan kuivalajitteluissa, ja jos viilut ovat liian kosteita, ne lajitellaan märkäräpikköihin, jotka menevät kosteuden tasaannutukseen tehtaan varastoon. Liian kosteiden viilujen määrittäminen tapahtuu jakamalla viilu eri alueisiin. Viilu jaetaan oikeaan, vasempaan, ylä-, pohja ja keskialueeseen, joissa kaikissa on omat keskiarvot ja piikkikosteudet, joita kosteus ei saa ylittää, jotta viilua ei lajiteltaisi märkiin lajitteluun. Nämä arvot vaihtelevat eri viilun paksuuksien ja kosteusluokkien välillä. Paksummilla viiluilla kosteuksien keskiarvot ja piikkiarvot saavat olla suurempia kuin ohuimmalla 2,6 mm viilun paksuudella. Näiden kaikkien alueiden yhteenlasketut keskiarvot keskikosteuksista ja piikkikosteuksista määrittävät sen, lajitellaanko viilut märkiin. Liian kosteita viiluja ei ajeta uudelleen kuivaajien kautta, vaan uudelleenkuivaus tapahtuu tasaannuttamalla viilut pinkoissa varastossa, josta ne syötetään trukilla uudelleensyöttölaitteen kautta normaalin 01-kuivalajitteluvirran mukana tulleiden viilujen kanssa uudelleen kosteudenmittaukseen ja lajittelu tapahtuu uudestaan.

Ennen refeederin käyttöönottoa, märät 8x4 arkit lajiteltiin pääraakkiluokkaan, josta ne ajettiin suoraan saumaajille. Lajittelusta tulleet märät 8x8 arkit sahattiin katkaisuahalla 4x8:ksi ja tasaannutettiin tietyn aikaa varastossa, jota ei sen tarkemmin mitattu. Tämän jälkeen ne menivät ladontaan poikittaisiksi väliviiluiksi. Refeederin aikakaudella, lokakuusta 2010 lähtien, molempaa kokoa olevat märät pinkat ovat

tasaannutettu varastossa, jonka jälkeen ne on syötetty refeederiin ja lajiteltu uudelleen normaalin 01-kuivaajalta tulleen virran mukana. Refeederiin syötetään normaalisti noin 1-4 pinkkaa vuorossa, riippuen trukkikuskista ja varaston tilanteesta. Tähän mennessä tasaannutusajoista ei ole tehtäällä ollut käytössä mitään ohjearvoa, vaan vuorosta ja trukkikuskista riippuen, märkäpinkkoja on syötetty refeederiin tasaannutusajan vaihdellessa hyvin paljon. Työn tavoitteena oli tutkia ja laskea, kuinka kauan lajittelusta tulleiden liian märkien viilujen olisi syytä antaa varastossa rauhassa tasaantua, ennen kuin ne syötetään refeederiin. Tasaannutusajan optimoinnin tavoitteena on saada kosteuden tasaannutuksessa olleesta märkäpinkasta mahdollisimman monta viilua parempiin lajitteluluokkiin eikä enää liian kosteisiin. Lisäksi tasaannutusajan optimoinnilla pyritään vähentämään viiluhukan määrää.

6 SUORITETUT MITTAUKSET JA TULOKSET

6.1 Mittaustulosten luotettavuuden varmistaminen

Opinnäytetyössä tehdyt mittaukset aloitettiin mittaustulosten luotettavuuden varmistamisella. Refeederiin syötettyjen viilujen kappalemäärä tallentuu 01-kuivalajitteluohjaamon tietokoneelle sekä UPM:n omaan PlyNet raportointiohjelmaan, josta näkee refeederin kautta syötettyjen viilujen märkiin menneiden sekä hylättyjen viilujen osuudet. Varmistaminen tapahtui refeederiin syötettyjen viilujen lukumäärän vertaamisella tietokoneelle tallentuneiden arvojen kanssa. Mittaustulosten luotettavuuden testausvaiheessa käytettyjä viiluja ei otettu huomioon itse työssä ja mittaustulosten analysoinnissa. Varmistaminen tehtiin, jotta testauksesta saatuja tuloksia ja arvoja voitaisiin pitää luotettavina ja käyttökelpoisina. Luotettavien arvojen avulla saadaan kaikki työn tulosten kannalta oleellinen tieto esille. Ilman mittaustulosten luotettavuuden varmistamista, mittaustuloksia ei voisi pitää täysin varmoina ja luotettavina, mikä saattaisi aiheuttaa harhaan johtavia mittaustuloksia ja johtopäätöksiä työn tuloksia arvioidessa.

Mittaustulosten luotettavuuden varmistaminen tapahtui laskemalla tukkimiehenkirjantipoa avuksi käyttämällä refeederin kautta syötettyjen viilujen lukumäärä sekä kuinka paljon näistä syötetyistä viiluista meni uudelleen kuivattaviin ja hylkäykseen eli ei kelpaanut enää lajiteltavaksi. Näitä saatuja arvoja verrattiin kuivalajitteluohjaamon tietokoneelle sekä PlyNet raportointiohjelmaan tallentuneisiin arvoihin. PlyNet raportointiohjelmaa käytettiin itse työssä hyvin laajasti hyväksi uudelleen kuivattaviin sekä hylkäykseen menneiden viilujen lukumäärien ylöskirjaamisessa. Raportointiohjelmasta löytyi refeederille oma välilehti, jonne jokaisen syötetyn märkäpinnan tiedot tallentuvat lähes reaaliajassa.

Vertailun tuloksena huomattiin, että refeederin kautta syötettyjen viilujen lukumäärä piti paikkaansa tietokoneille tallentuneiden arvojen kanssa. Lisäksi tuloksista nähtiin, että refeederin kautta tulleiden hylättyjen sekä märkiin menneiden viilujen lukumäärä piti paikkaansa tietokoneille tallentuneiden arvojen kanssa, jota voidaan pitää työn tuloksia hukkamääristä ja märkiin menneitä tarkasteltaessa äärimmäisen tärkeinä. Mittaustulosten luotettavuuden varmistaminen toimi lähtökohtana työn suorittamiselle ja onnistuneille mittaustuloksille, joista nähdään ja pystytään vertailemaan eri tasaanutusajkojen vaikutusta uudelleen kuivattavien ja hukan määrään sekä refeederin vaikutusta hukan määrään.

6.2 Mittausten suorittaminen

Kuivaajalta tulleet viilut lajitellaan kuivalajitteluissa kosteuden, koon ja laadun mukaan eri lokeroihin, joista ne siirretään pinkkoina lajitteluperusteiden mukaan joko kosteudentasaannutukseen, saumaajille tai ladontaan. 01-kuivalajittelussa viilut lajiteltiin 8:aan eri lokeroon ja 02-kuivalajittelussa 6.een eri lokeroon. Liian kosteat viilut ajettiin lajittelulokeroista kosteuden tasaannutukseen varastoon, tehtaan käytäville. Märkään lajitteluluokkaan menee tehtaalla kahta kokoa, 8x4 ja 8x8 arkkeja. Lajittelussa, lokeroihin, liian kosteiden viilujen perään menee aina väliin yksi kuiva viilu, mikä nopeuttaa ja parantaa märkien viilujen kosteuden tasaantumista, kuivemman viilun imiessä kosteutta märemmistä.

Kuivalajitteluista kosteudentasaannutukseen siirrettäessä, märkiin pinkkoihin, pinkan väliin on ollut tehtaalla, trukkikuskeista riippuen, tapana laittaa pinkkalappu, josta näkee pinkan tiedot: kummalta kuivaajalta tullut, päivämäärän ja kellonajan; milloin pinkka tullut lajittelusta tasaannutukseen, viiluarkin mitat ja pinkassa olevien viilujen lukumäärän. Pinkkalaput tahtovat kuitenkin pinkkoja siirreltäessä pinkan välistä tipua ja hävitä, joten trukkikuskit ovat vain merkanneet pinkan kylkeen spraymaalilla laadun, viilun paksuuden ja päivämäärän, milloin pinkka tullut tasaannutukseen (kuva 2).



Kuva 2. Kosteuden tasaannutuksessa olevia märkäpinkkoja tehtaan varastossa. Kuva Mikko Pelkiö 2013.

Pinkkalappu, josta näkee tarkan kellonajan, oli työni kannalta erittäin tärkeää löytyä pinkasta. Ohjeistin trukkikuskeja laittamaan työni ajan sekä pinkkalapun tiukasti märkäpinkan väliin ja merkkamaan spraymaalilla tarkan kellonajan pinkan kylkeen, jotta näkisin milloin kyseinen pinkka oli tullut lajittelusta tasaannutukseen. Kellonajoista pystyin näkemään ja kirjaamaan ylös tarkan tasaannutusajan kun refeederille syötettiin kyseinen pinkka. Poissa ollessani, ilta- ja yöaikaan sekä viikonloppuisin, tein trukkikuskeille ja kuivalajitteluihin omat ohjeistukset ja taulukot (liitteet 1 ja 2), johon he merkkasivat tasaannutusajat sekä pinkan tiedot ylös, jolloin tehtaaseen tultuani huomasin, mitä eri tasaannutusajassa olevia märkäpinkkoja oli poissa ollessani refeederin kautta ajettu. Itse paikalla ollessani, pidin huolta tasaannutusaikojen ylöskirjaamisesta. Tasaannutusajan laskeminen tapahtui seuraamalla kuivalajitteluiden ja refeederin toimintaa. Märkäpinkkojen tullessa lajitteluista tasaannutukseen, aloitettiin tasaannutusajan laskeminen. Tasaannutusajan laskenta päättyi, kun märkäpinkka syötettiin refeederille.

Työn alussa, refeederin käytön perehdyttämisen jälkeen, pääsin käyttämään refeederiä itsenäisesti ja tiesin mitä häiriötilanteiden syntyessä piti tehdä. Tämä nopeutti työtäni merkittävästi, kun ei tarvinnut odottaa ja häiritä trukkikuskeja. Refeederin häiriötön ja keskeytymätön toiminta oli hyvin pitkälti kiinni lajittelusta tulleiden pinkkojen kunnosta sekä refeederin kuljettimen siisteydestä. Monesti refeederin käyttö pysähtyi kun nostolaite tai kuljetin piti puhdistaa sinne kertyneistä viiluista ja roskista, jotka tukkivat viilujen syötön.

Jokaisen refeederille syötetyn pinkassa olleen viilun tiedot tallentuivat niin kuin edellä tuli jo mainittua 01-kuivalajitteluohjaamon tietokoneelle sekä PlyNet - raportointiohjelmaan. Pinkan loppuessa refeederistä, merkkasin tietokoneelle tallentuneet sen kyseisen pinkan tiedot refeederiin syötetyistä, uudelleen kuivaukseen menneistä sekä hylättyjen viilujen lukumääristä. Näitä tietokoneelta saatuja arvoja vertailtiin työn tuloksissa eri tasaannutusaikojen vaikutuksesta uudelleenkuivattavien lukumäärään sekä tasaannutusaikojen ja refeederin vaikutusta hukan määrään.

6.3 Tulokset

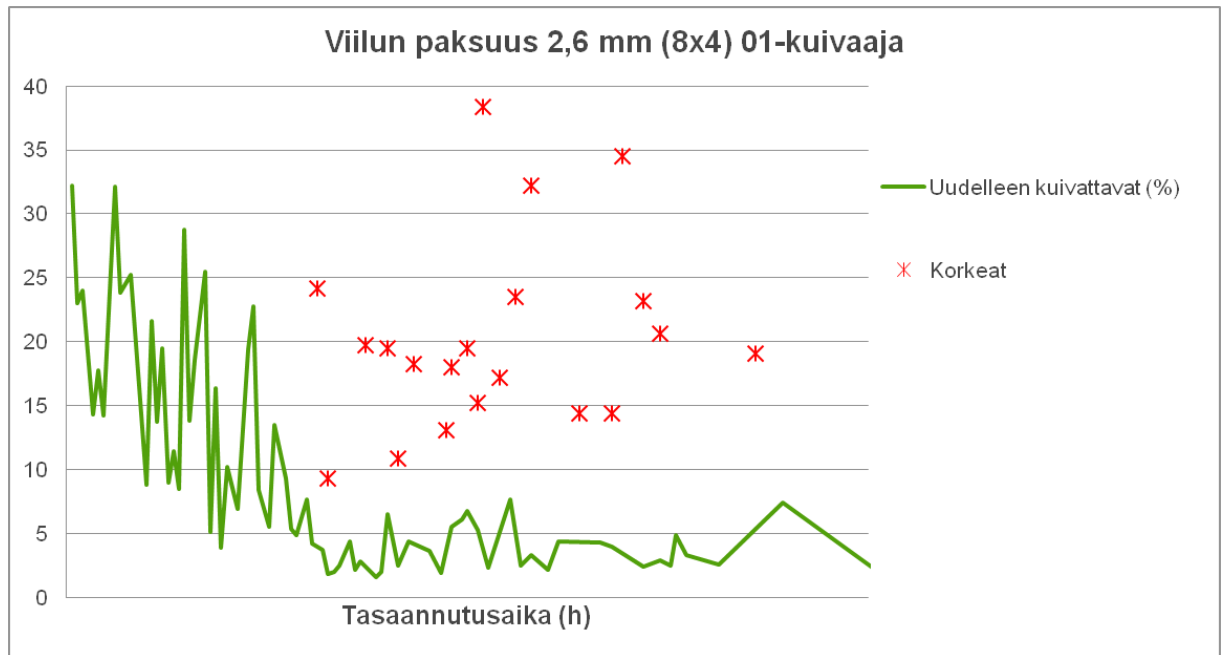
Työstä saatuja tuloksia tarkasteltaessa, pystytään näkemään, miten eri tasaannutusajat vaikuttavat siihen, kuinka paljon refeederiin syötetyistä viiluista kiertää lajittelun kautta uudelleen kosteuden tasaannutukseen. Refeederin kautta syötetyistä viiluista saadaan selville myös refeederin ja tasaannutusaikojen vaikutus hylättyjen viilujen

lukumäärään. Lisäksi tuloksista pystytään näkemään, miten viiluarkkien koot ja eri viilunpaksuudet vaikuttavat tasaannutusaikoihin sekä hukan määrään.

6.3.1 Tasaannutusaikojen vaikutus märkiin menneiden viilujen määrään

Eri tasaannutusaikoja keskenään vertaillen selvää, miten kauan lajittelusta tulleita liian kosteita pinkkoja kannattaa varastossa tasaannuttaa, jotta mahdollisimman monta pinkassa ollutta viilua saataisiin menemään parempiin lajitteluluokkiin eikä enää märkiin ja kosteuden tasaannutukseen tehtaan käytäville. Optimaalisimman tasaannutusajan selvittäminen on tärkeää, jotta refeederin kautta moneen kertaan kiertäneitä viiluja saataisiin merkittävästi vähennettyä. Viilujen tasaannutuskierrosten ollessa suuria, aiheuttaa se viilujen ylimääräistä liikuttelua, joka olisi vältettävissä, antamalla märkien pinkkojen tasaantua rauhassa ennen refeederille syöttöä. Periaatteessa jokaisesta refeederille syötetystä märkäpinkasta joudutaan aina viiluja hylkäämään sekä samalla menetetään hyväkuntoisiakin viiluja tuotannon ulkopuolelle.

Työssäni testasin laajimmin 01-kuivaajalta tulleita 2,6 mm:ä paksuja 8x4 kokoisia viiluarkkeja. Saaduista tuloksista huomataan, että tasaannutusaikoja ei voida pitää vakioina. Märkiin menneiden viilujen osuus vaihtelee suuresti tasaannutusaikojen sisällä. Ennen optimaalisinta tasaannutusaikaa, hajonta eri tasaannutusaikojen ja uudelleen kuivattaviin menneiden viilujen välillä on suurta. Lyhyemmän aikaa tasaantumassa olleista pinkoista on voinut mennä enemmän viiluja kuivempiin lajitteluluokkiin kuin pidempään tasaannutuksessa olleista pinkoista. Lisäksi täysin samojen tasaannutusaikojen välillä voi olla suuriakin vaihteluja märkiin menneiden viilujen osuudessa. Tuloksia tarkasteltaessa huomataan, että joistain pitkään tasaannutuksessa olleista pinkoista on mennyt huomattavan korkea osuus märkiin, vaikka lähtökohtaisesti pitkään tasaannutuksessa olleista pinkoista märkiin menneiden viilujen osuus pitäisi jäädä vähäiseksi, noin 2–5 % luokkaan (kuvio 5). Nämä poikkeavuudet samankin tasaannutusajan sisällä voivat johtua kuivauskoneiden sekä operaattoreiden välisistä eroista. Lisäksi pitkien tasaannutusaikojen suureen uudelleen kuivattavien viilujen osuuteen voi olla syynä se, että pitkään pinkoissa olleet viilut rupeavat imeämään itseensä kosteutta tehtaan ilmasta. Joidenkin pinkkojen pitemmät tasaannutusajat selittyvät sillä, että sorvattava viilun paksuus on muuttunut kesken pinkkojen tasaannutuksen, jolloin kyseisten pinkkojen syöttöä refeederille on täytynyt odottaa, että sorvilta tulisi taas samaista viilun paksuutta.



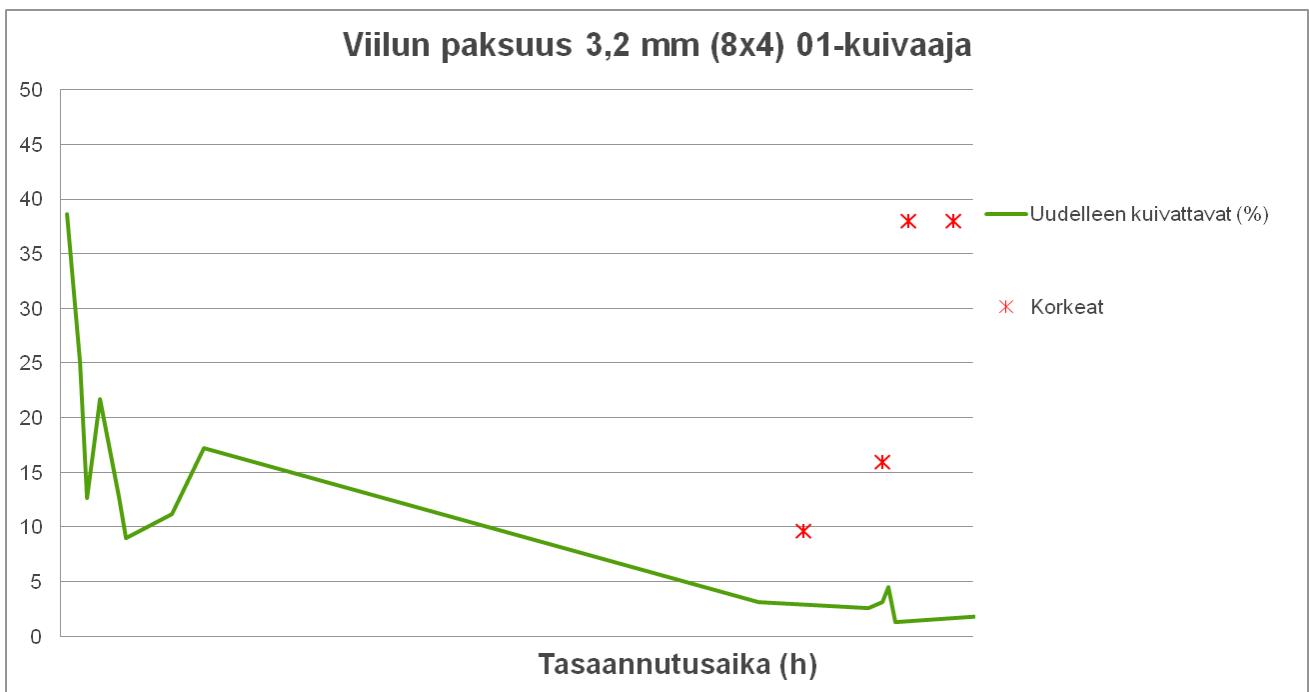
Kuvio 5. 01-kuivaajalta tulleiden 8x4 viiluarkkien kosteuden tasaantuminen viilun paksuuden ollessa 2,6 mm:ä

6.3.2 Viilun paksuuksien vaikutus 01-kuivaajalta tulleisiin 8x4 viiluarkkien tasaannutusaikoihin

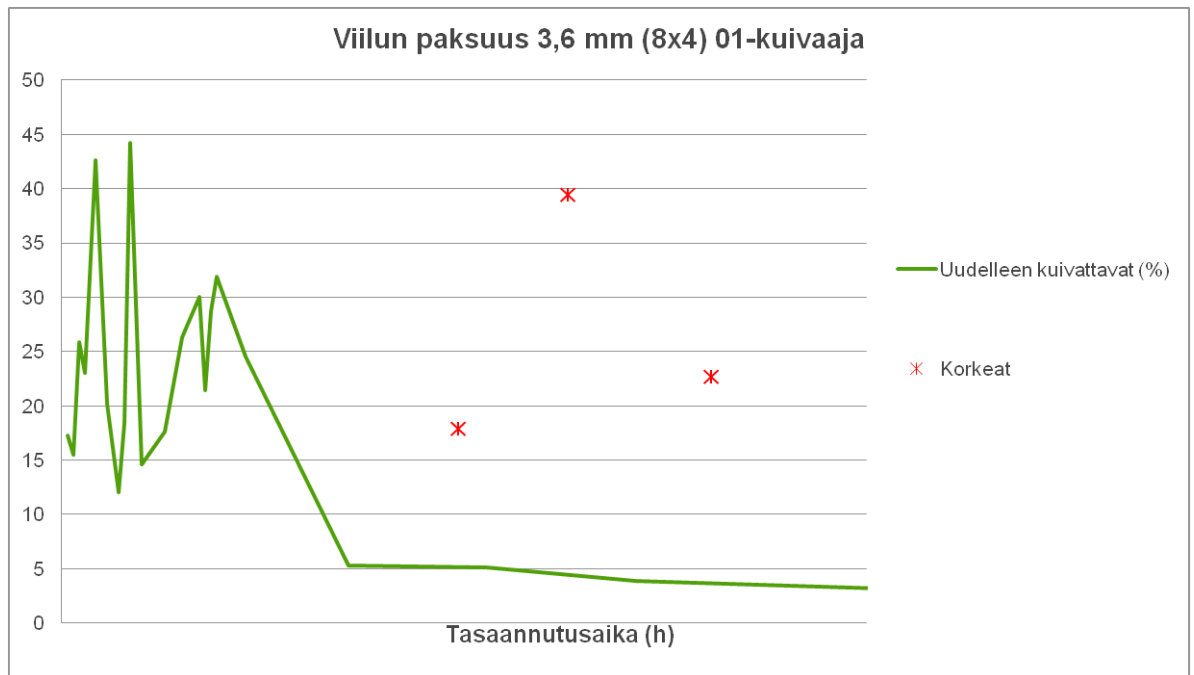
Viilun paksuuksista eniten päästiin testaamaan siis 01-kuivaajalta tulleita 2,6 mm:ä, 8x4 arkkeja, mikä on valtavirta, jota tehtaalla ajetaan eniten, 3,2 mm:n ja 3,6 mm:n jäädessä vähemmälle. 3,2 mm:n ja 3,6 mm:n vähempi ajo johtui tämän hetkisten tilausten vähäisestä määrästä. Tuloksia tarkasteltaessa olisi ollut mielenkiintoista päästä vertaamaan tarkemmin eri viilun paksuuksien vaikutusta tasaannutusaikaan, mutta koska 3,2 mm:ä ja 3,6 mm:ä ei ajettu niin paljon työn ajan puitteissa, ei vertailuja päästy nyt tekemään niin täydellisesti.

Viilun paksuuden ollessa 3,2 mm:ä ja 3,6 mm:ä, tasaannutusajat tahtoivat jäädä joko liian lyhyiksi tai pitkiksi, koska valtavirta 2,6 mm:ä vaihtui sorvilla melko nopeasti takaisin ja 3,2 mm:ä ja 3,6 mm:ä pitivät saada nopeasti ladontaan. Joidenkin märkäpinkkojen suuret tasaannutusajat johtuivat siitä, että sorvilla vaihtui leikattava viilun paksuus pinkkojen ollessa tasaantumassa tai vasta menossa tasaantumaan, jolloin niitä ei keritty syöttämään refeederialle ennen ensimmäisten eri paksuuden omaavien viilujen tullessa ulos 01-kuivaajasta. Varsinkin 3,2 mm:n kohdalla, tarkka optimaalimmman tasaannutusajan löytäminen muodostui hyvin haasteelliseksi, koska tasaannutusaikojen väli jäi suureksi. 3,6 mm viilun paksuuksista saatiin tehtyä enemmän

mittauksia, joiden perusteella pystytään arvioimaan myös 3,2 mm:n optimaalinen tasaannutusaika. Saaduista tuloksista nähdään, että optimaalinen kosteuden tasaannutusaika 3,2 mm ja 3,6 mm paksun 8x4 arkin kohdalla on hieman suurempi kuin 2,6 mm:n kohdalla (kuviot 6 ja 7). Tuloksista siis selviää, että lähtökohtaisesti 01-kuivaajalta tulleet paksummat viilut, 3,2 mm:ä ja 3,6 mm:ä tarvitsevat hieman pidemmät tasaannutusajat kuin 2,6 mm:ä 8x4 arkkien kohdalla. Pitkissä tasaannutusajoissa suurimmat uudelleen kuivaukseen menneiden viilujen osuudet olivat 2,6 mm paksuuden kohdalla, mikä selittyy sillä, että 2,6 mm:ä paksuja viiluja käytettiin mittauksiin huomattavasti enemmän kuin 3,2 mm:ä ja 3,6 mm:ä, jolloin joukkoon mahtui myös eniten korkeita arvoja. Kaikilla paksuuksilla korkeat arvot uudelleen kuivattavista liisääntyvät, kun tasaannutusajat kasvavat suuriksi.



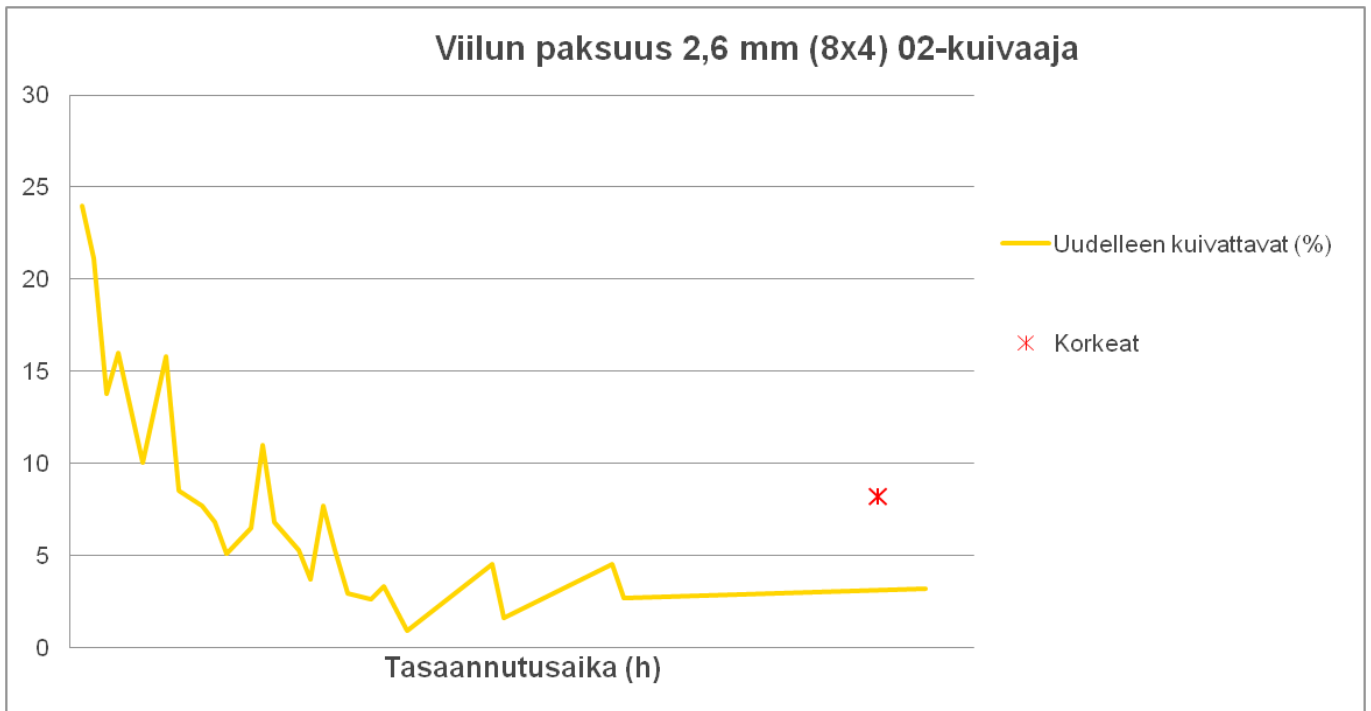
Kuvio 6. 01-kuivaajalta tulleiden 8x4 viiluarkkien kosteuden tasaantuminen viilun paksuuden ollessa 3,2 mm:ä

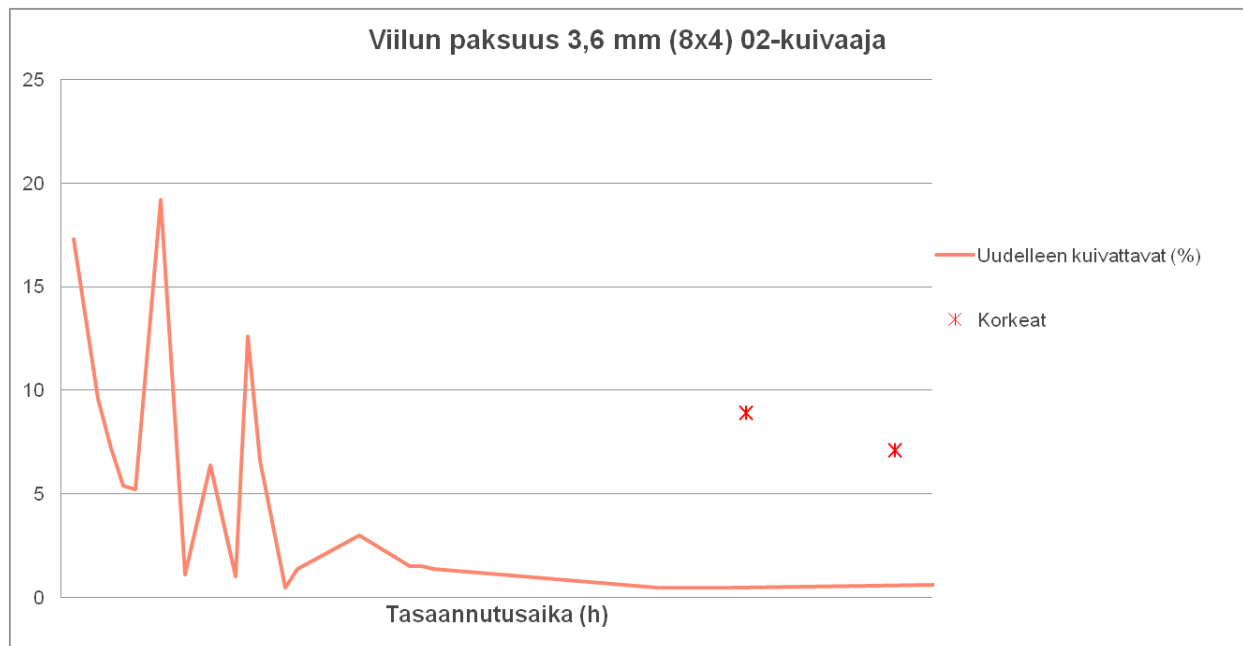


Kuvio 7. 01-kuivaajalta tulleiden 8x4 viiluarkkien kosteuden tasaantuminen, viilun paksuuden ollessa 3,6 mm:ä

6.3.3 Kuivauskoneiden vaikutus viilujen kosteuden tasaantumiseen

Mittauksiin käytettiin tehtaan molemmilta kuivaajilta tulleita viiluja. 02-kuivaajalta tulleita viiluja tutkittiin omana ryhmänä, jotta saataisiin selville kuivauskoneiden väliset erot eri viilun paksuuksien kohdalla. Saaduista tuloksista käy selkeästi ilmi, että 02-kuivaajalta tulleet viilut eivät tarvitse niin pitkiä tasaannutusaikoja kuin 01-kuivaajalta tulleet. 02-kuivaajalta tulleet viilut ovat valmiita syötettäväksi refeederialle jo x aikana. 02-kuivaajalta tulleiden 2,6 mm paksujen 8x4 arkkien optimaalisin tasaannutusaika on noin puolet vähemmän kuin 01-kuivaajalta tulleiden saman paksuisten viilujen. 02-kuivaajalta tulleet 3,2 mm:ä ja 3,6 mm:ä paksut märät viilut eivät tarvitse kosteuden tasaantumiseen edes tätä aikaa. Lisäksi 02-kuivaajalta tulleiden viilujen kohdalla ei esiintynyt huomattavan korkeita poikkeavuuksia uudelleen kuivaukseen menneiden kanssa läheskään niin paljoa kuin 01-kuivaajalta tulleiden viilujen (kuviot 8, 9 ja 10). Erot kuivaajien välillä selittyvät sillä, että 02-kuivaajalta tulevat viilut ovat yleensä alkukosteudeltaan kuivempaa M1 tai M2 kosteusluokkaa, jolloin niiden kuivuminen sekä kosteuden tasaantuminen on nopeampaa lähtökosteuden ollessa alhaisempi. 02-kuivaajalta tulleet märät viilut olivat aina pienempää 8x4 viiluarkin kokoa, koska 02-kuivaaja ei kuivaa ollenkaan 8x8 arkkeja.

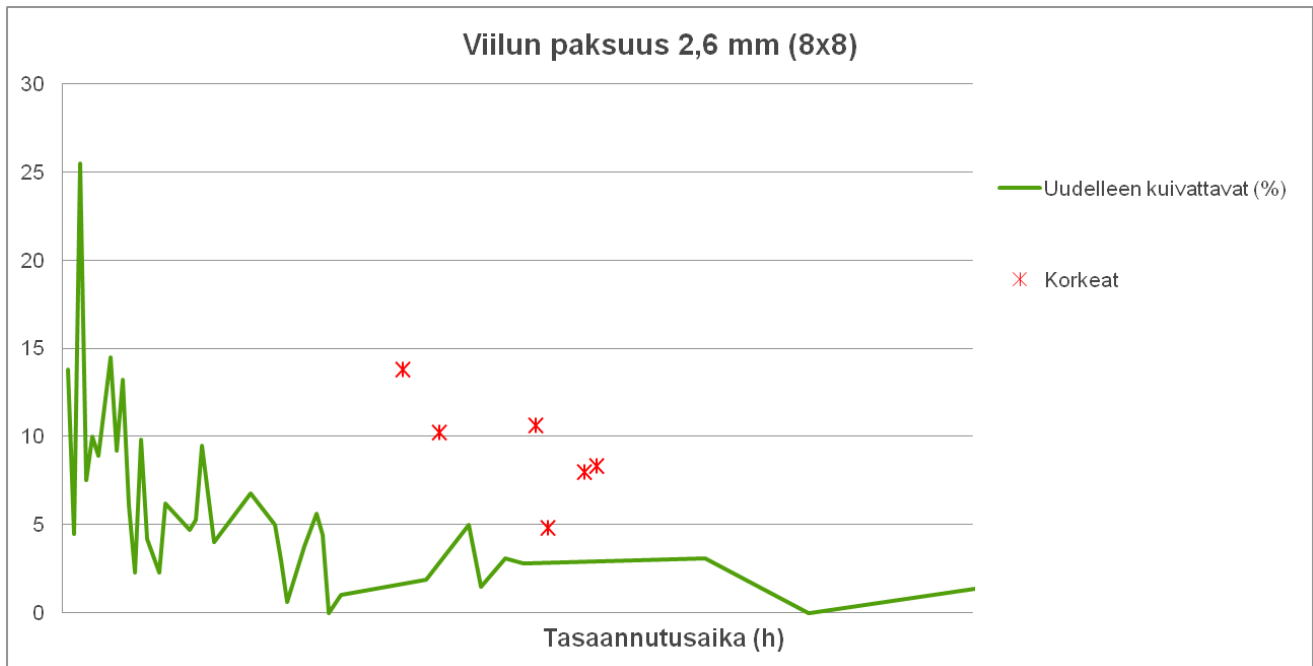




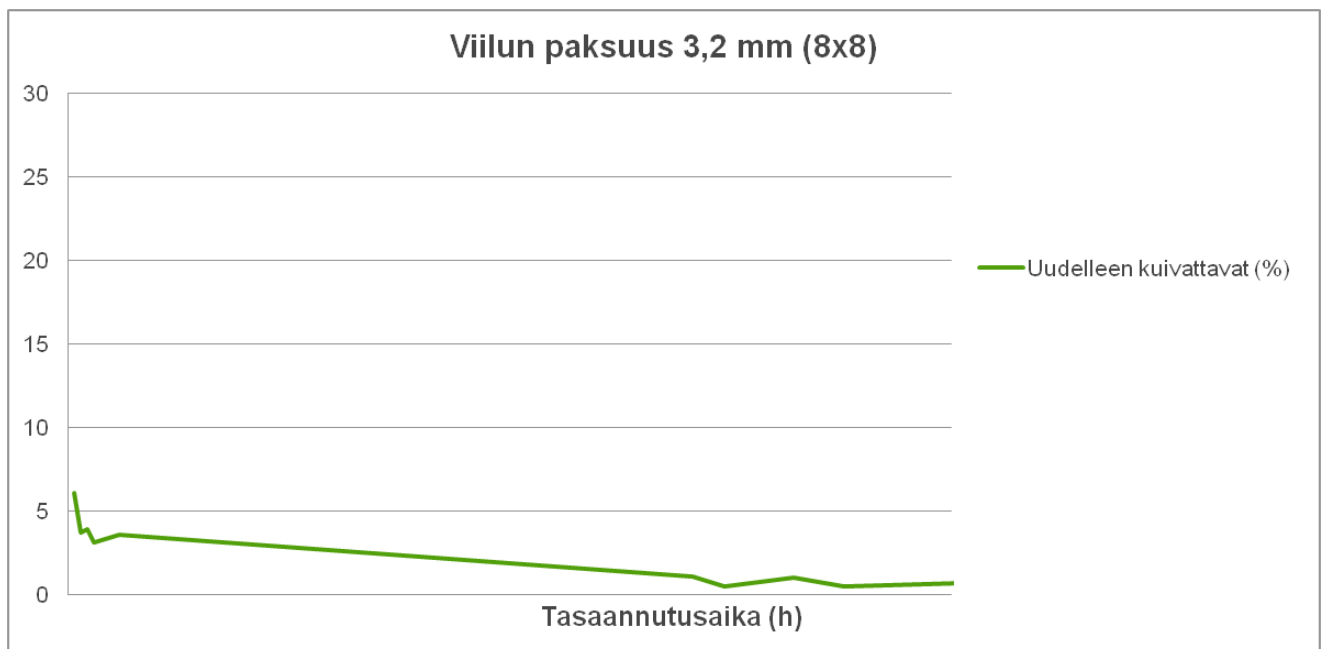
Kuvio 10. 02-kuivaajalta tulleiden viiluarkkien kosteuden tasaantuminen, viilun paksuuden ollessa 3,6 mm:ä

6.3.4 Viiluarkin koon vaikutus tasaannutusaikaan

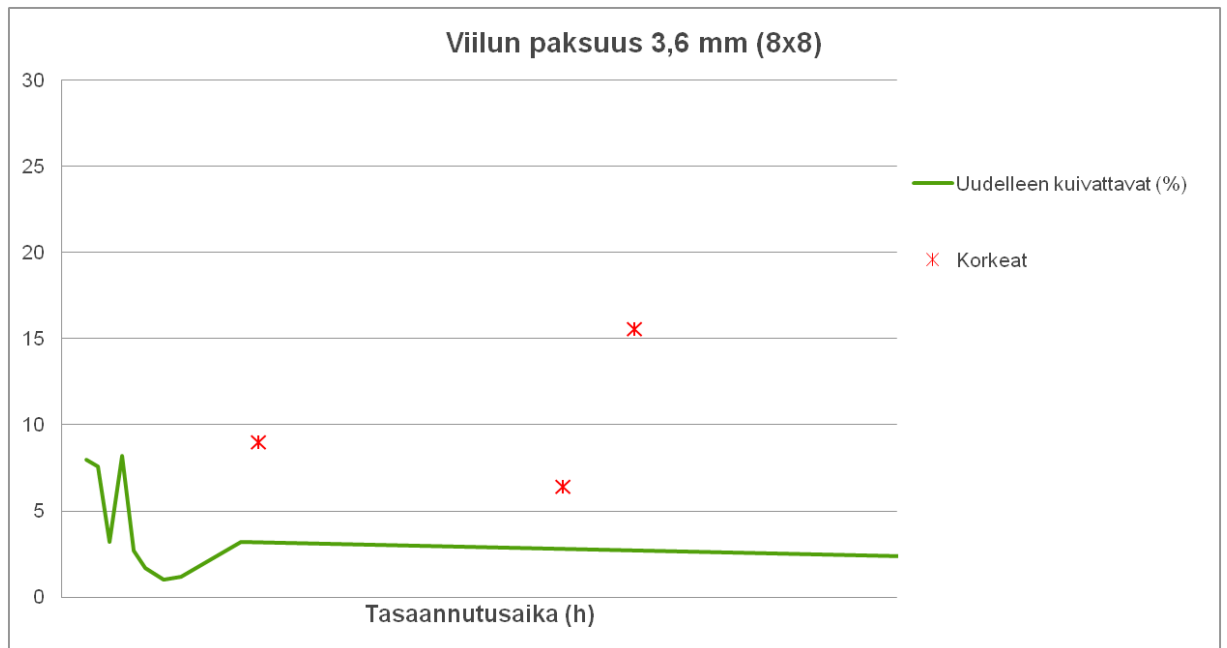
Tuloksista saadaan selville, että isommat 8x8 viiluarkit eivät tarvitse niin suuria tasaannutusaikoja kuin pienemmät 8x4. 8x8 arkeissa, kaikissa viilun paksuuksissa kosteus tasaantuu paljon nopeammin ja tasaisemmin (kuviot 11, 12 ja 13). 8x8 arkeista menee jo melko lyhyilläkin tasaannutusaajoilla suuria määriä kuivempiin lajitteluluokkiin eikä enää liian kosteisiin. 8x8 arkkien kosteuden tasaantuminen on tasaannutusaikojen perusteella verrattavissa 02-kuivaajilta tulleiden 8x4 viiluarkkien kanssa. 8x8 arkkien viilun paksuuksia vertaillessa kosteuden tasaantumiseen, selviää, että paksummat viilut eivät tarvitse niin pitkiä tasaannutusaikoja kuin 2,6 mm:ä. Paksumpien viilujen kohdalla kosteuden tasaantuminen on nopeampaa ja tasaisempaa eikä pitkissä tasaannutusaajoissa korkeita arvoja uudelleen kuivaukseen menneistä viiluista esiinny niin paljon kuin 2,6 mm:n kohdalla.



Kuvio 11. 8x8 viiluarkkien kosteuden tasaantuminen, viilun paksuuden ollessa 2,6 mm:ä



Kuvio 12. 8x8 viiluarkkien kosteuden tasaantuminen, viilun paksuuden ollessa 3,2 mm:ä



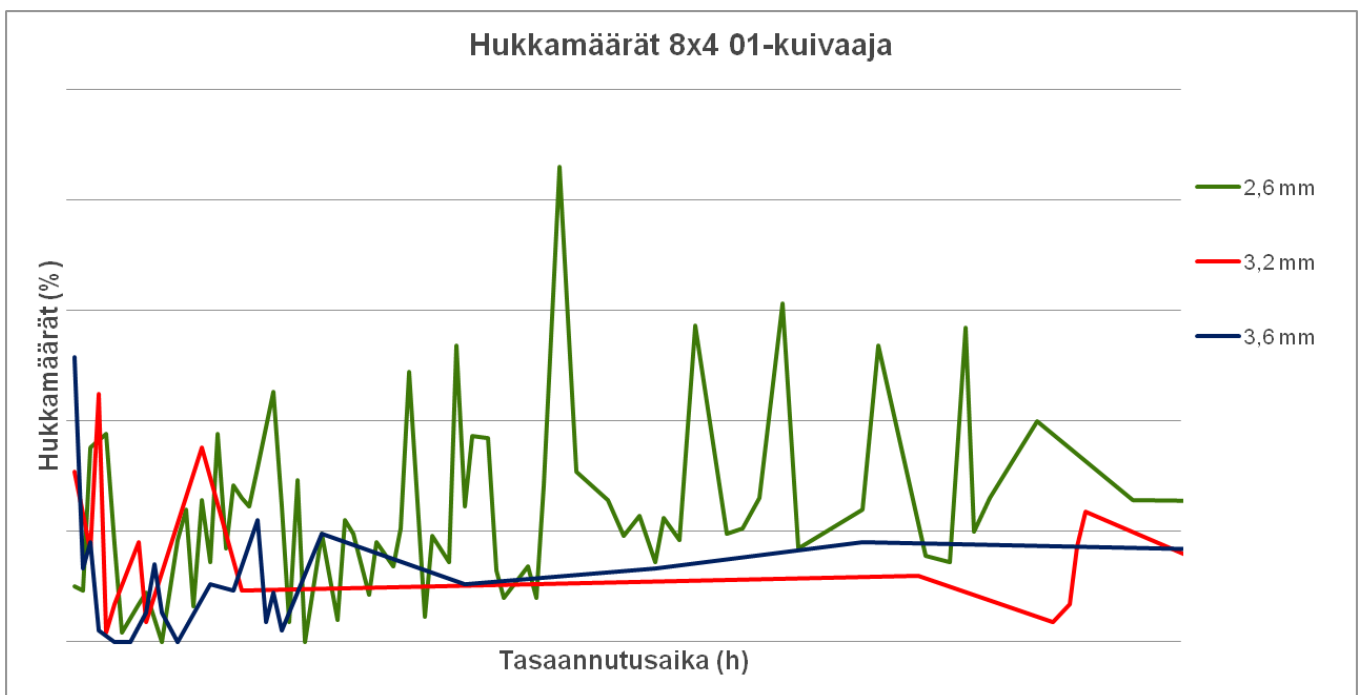
Kuvio 13. 8x8 viiluarkkien kosteuden tasaantuminen, viilun paksuuden ollessa 3,6 mm:ä

Refeederin häiriöttömässä ja keskeytymättömässä toiminnassakin oli huomattavissa eroavaisuuksia viiluarkin koiden välillä. Refeeder toimi paremmin, nopeammin ja ilman häiriöitä tai linjan pysähtymisiä syötettäessä suurempia 8x8 kuin 8x4 arkkeja. Tämä johtui suurelta osin siitä, että kuivalajitteluista tulleet 8x8 pinkat pysyivät paremmin suorina eikä pinkkojen reunat olleet epätasaisia. Lisäksi viilun paksuussillakin on suuri merkitys refeederin häiriöttömälle käytölle. Viilun paksuuden ollessa 3,2 mm:ä tai 3,6 mm:ä, ei häiriöitä tai kuljettimen pysähtyksiä päässyt refeederillä syntymään läheskään niin paljon kuin 2,6 mm:n ollessa ajossa. Ajettaessa 2,6 mm viilun paksuutta, refeederiä ja sen kuljetinta sai jatkuvasti olla vahtimassa, koska viilut tahtoivat kääntyä kuljettimella poikittain ja aiheuttaa häiriöitä, jolloin linja pysähtyi. Paksummat viilut 3,2 mm:ä ja 3,6 mm:ä on sen verran vahvempia, etteivät ne aiheuta kuljettimella häiriöitä ja niiden syöttö on sujuvampaa ja nopeampaa.

6.4 Hukkamäärät

6.4.1 Tasaannutusaikojen vaikutus 01-kuivaajalta tulleiden 8x4 viiluarkkien hukkamääriin

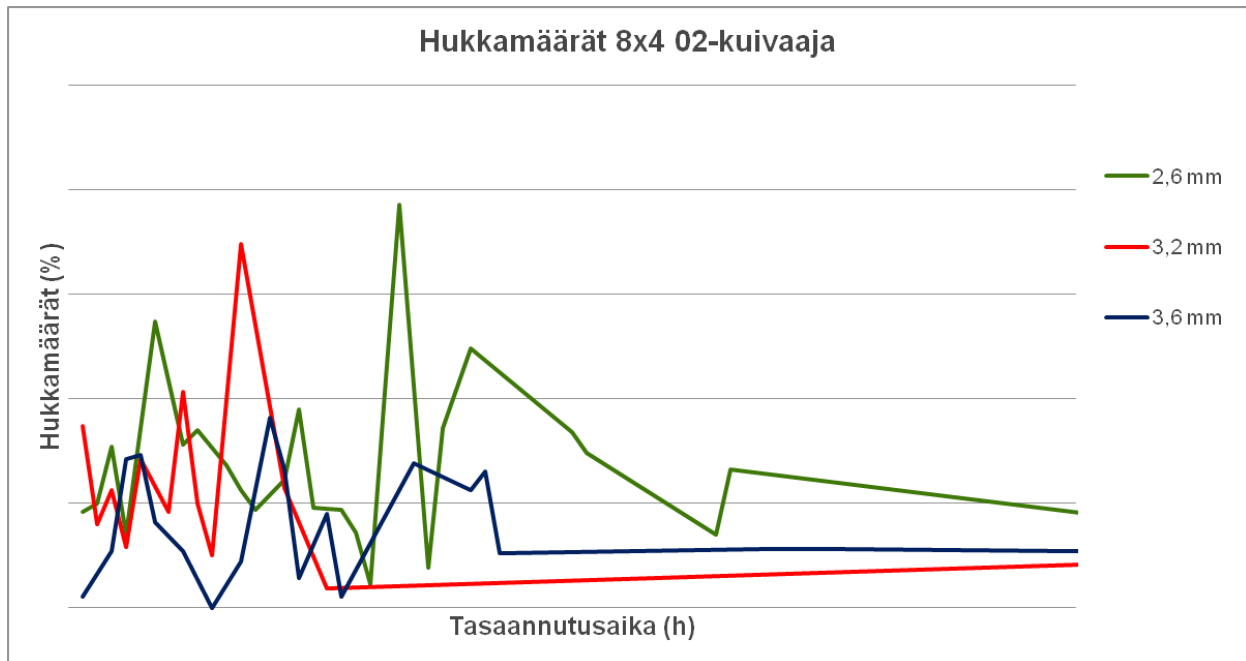
Yksi tämän opinnäytetyön tavoitteista oli tutkia eri tasaannutusaikojen vaikutusta hukan määrään. Tuloksista huomataan, että mitä pitempi tasaannutusaika on, sitä enemmän syntyy myös hukkaa. Jotkut pinkat joutuvat välillä olemaan todella pitkään tasaannutuksessa, jolloin pinkoissa olevat viilut tahtovat kuivua liian hauraiksi, mistä seuraa etteivät viilut kestä niihin liikuttelusta kohdistuneita rasituksia vaan repeytyvät ja hajoavat. Tuloksista huomataan, että viilun paksuuksillakin on vaikutusta hukan määrään. Tuloksista pystytään havaitsemaan, että ohuinta 2,6 mm:ä ajettaessa viilut hajoavat paljon herkemmin kuin paksumpien kohdalla. 8x4 viiluarkin kohdalla, viilun paksuuden ollessa 3,2 mm:ä ja 3,6 mm:ä, aiheuttaa se huomattavasti vähemmän hukkaa kuin ajettaessa 2,6 mm viilun paksuutta (kuvio 14). 3,2 mm:n ja 3,6 mm:n paksuiset viiluarkit ovat lujempia, joten ne kestävät paremmin niihin liikuteltaessa kohdistuneita rasituksia, kun taas puolestaan 2,6 mm:ä paksut viiluarkit repeytyvät, hajoavat ja kääntyvät helpoiten kuljettimilla poikittain, jolloin viilut yleensä joudutaan hylkäämään.



Kuvio 14. 01-kuivaajalta tulleiden 8x4 viiluarkkien paksuuksien vaikutus hukkamääriin

6.4.2 Kuivauskoneiden vaikutus hukkamääriin

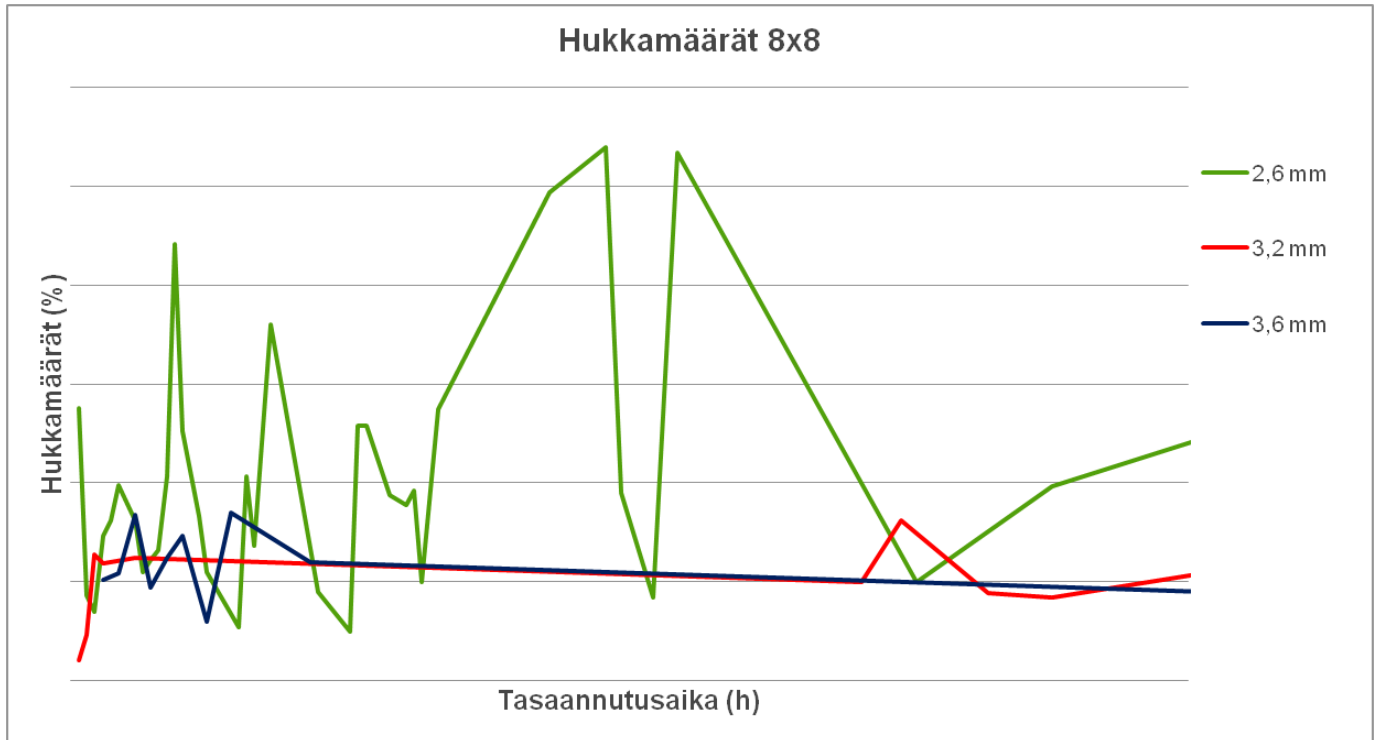
Tuloksista huomataan, että 02-kuivaajalta tulleiden viilujen hukkamäärät ovat suurempia tasaannutusajan ollessa lyhyt verrattuina 01-kuivaajalta tulleisiin (kuvio 15). 02-kuivaajalta tulleiden viilujen suuremmat hukkamäärät selittyvät sillä, että viilut tulevat usein kuivempina ja huonompikuntoisina ulos 02-kuivaajasta jolloin ne ovat hauraampia, jolloin liikuttelusta aiheutuvat rasitukset hajottavat niitä helpommin. Hukkamäärien tarkastelu jäi 02-kuivaajalta tulleiden viilujen osalta vähäiseksi pitkällä tasaannutusajoilla, koska viilut ovat valmiita syötettäväksi refeederille lyhyen tasaannutusajan jälkeen, mistä tulisi pitää kiinni, koska tasaannutusaikojen kasvaessa, hukkamäärät tahtovat nousta.



Kuvio 15. 02-kuivaajalta tulleiden 8x4 viiluarkkien paksuuksien vaikutus hukkamääriin

6.4.3 Viiluarkin koon vaikutus hukkamääriin

Viiluarkin kokoja vertaillen huomataan, että 2,6 mm:ä paksu 8x8 arkki aiheuttaa pienemmän 8x4 arkin tavoin paljon enemmän hukkaa kuin paksummat 3,2 mm:ä ja 3,6 mm:ä (kuvio 16). 8x8 arkkienkin kohdalla pitkät tasaannutusajat kasvattavat hukkamäärää. Siksi olisikin tärkeää, että optimaalisimmista tasaannutusajoista pidettäisiin huolta ja, että pinkat syötettäisiin tämän ajan sisällä refeederille niin hyvin kuin se vain on mahdollista.



Kuvio 16. 8x8 viiluarkkien paksuuksien vaikutus hukkamääriin

6.4.4 Refeederin vaikutus hukkamääriin

Refeederin käyttö aiheuttaa suhteellisen paljon hukkaa ja häiriöitä 01-kuivalajittelulinjalla. Refeederille syötettyjen viilujen suurimmat ja yleisimmät häiriöiden ja hylkäykseen johtaneet syyt ovat lajittelusta tulleet epätasaiset viilupinkat, refederin imulaite, viilujen joutuminen kuljettimella päällekkäin, viilun kääntyminen kuljettimelle poikittain, viilun repeytyminen moneen osaan ja refederin kuljettimen puutteellisesta siisteydestä johtuvat syyt.

Refeeder on melko häiriöaltis ja sen häiriötön ja keskeytymätön käyttö riippuu suuresti siitä, missä kunnossa refederille syötetty viilupinkka on tullut lajittelusta. Refeederin käytön ongelmat tulevat varsinkin silloin esille, kun ajetaan 8x4 arkia viilun paksuuden ollessa 2,6 mm:ä. Viilut, joita märkiin lajitellaan, voivat olla joko liian kapeita tai leveitä, jolloin lokeroon kasautuvan viilupinkkan reunat eivät ole samassa tasossa vaan toiselta puolelta viilun reuna tulee yli eivätkä pinkat tällöin ole suoria ja siistejä (kuva 3). Epätasaisiin pinkkoihin on monia syitä. Tyypillisimmin epätasaiset pinkat aiheuttavat kuivaajalta tai refederiltä tulevat limittäin päällekkäin joutuneet viilut, jolloin viilujen reunat eivät ole samassa tasossa. Viilujen ollessa päällekkäin, kosteus näyttää todellista suuremmalta ja viilut lajitellaan märkiin. Huomatessaan kuljettimella

päällekkäin joutuneet viilut, kuivalajittelijat yleensä hylkäävät ne. Siksi lajittelijoilla on suuri vastuu mitä lokeroihin päätyy. Lisäksi epätasaiset pinkat johtuvat märkiin lajiteltavien viilujen kosteuseroista. Viilut, jotka ovat kosteampia, ovat massaltaan raskeampia, joten niiden pysähtyminen vaatii pidemmän matkan niiden liukuessa pidemmälle pinkkaajan iskuaisojen pinnalla pudotessa lajittelulokeroon. Märkien 8x8 arkkien kanssa samanlaista ongelmaa ei esiintynyt.



Kuva 3. Lajittelulokerossa oleva 8x4 viiluarkkien märkäpinkka. Kuva Mikko Pelkiö 2013

Märkäpinkoista yli tulevat reunat ovat trukkien niitä liikutellessa tasaannutuksen ja refeederin välillä alttiimpia osumille ja repeytymisille. Näiden repeytyneiden viilusuikaleiden päästessä refeederin kuljettimelle, tahtovat ne kääntyä poikittain, jolloin ne tökkäävät kuljettimen hihnojen väliin, josta seuraa tukoksia linjalla, mikä hidastaa ja keskeyttää refeederin käyttöä. Tätä ongelmaa ei esiintynyt niin paljon ajettaessa 3,2 mm ja 3,6 mm viilun paksuutta, koska lajittelusta tulleiden paksumpien viilujen pinkat pysyivät reunoistaan paremmin suorempina ja tasaisempina. Tämä voi johtua siitä, että paksummat viilut ovat heti kuivaajasta tulleina kosteudeltaan tasaisempia. Lisäksi viilusuikaleita aiheuttaa se, että välillä tasaannutuksessa olevat märkäpinkat voivat jäädä pitkiksikin ajoiksi tehtaan varastoon, jolloin pinkassa olevat viilut kuivuvat liian hauraiksi, josta seuraa viilujen hajoamista ja repeytymistä pienempiin osiin. Niin kuin edellä tuli jo mainittua, viilusuikaleiden joutuessa refeederin kuljettimelle, aiheuttaa se pysähdyksiä ja häiriöitä niiden kääntyessä kuljettimella poikittain ja tökätessä kuljettimen hihnojen väliin jäaden tukkeeksi. Refeederin kuljettimella syöttö katkesi usein juuri tästä syystä. Viilujen huonosta asennosta kuljettimella aiheutuu aina häiriöitä ja linjan pysähtymisiä. Lisäksi ohuin viiluista, 2,6 mm:ä aiheutti eniten häiriötä ja katkok-

sia refeederillä. 2,6 mm:n ollessa refeederillä ajossa, linjan käyttöä piti jatkuvasti olla vahtimassa sekä viilujen asentoa refeederin kuljettimella korjailemassa.

Refeederillä yksi suuri hukan ja häiriöiden aiheuttaja on refeederin imulaite, joka imee nostolavalta alipaineen avulla viilut kuljettimelle. Imulaite tahtoo välillä imeä kaksi viilua päällekkäin, jolloin alempi viilu irtaa ylemmästä juuri kuljettimelle päästessä. Tällöin tippunut viilu jää pinkan ja kuljettimen väliin tukkimaan refeederin syöttöä muiden perästä tulevien viilujen osuessa siihen. Imulaite ei myöskään välillä saa imettyä tarpeeksi lujasti viilua, jolloin se irtaa ennen kuljettimelle pääsyä ja jää tukkeeksi häiritsemään refeederin syöttöä. Nostolava on tällöin laskettava alas, jolloin tukkeena olevat viilut tippuvat alas ja hajoavat, jolloin niitä ei saada otettua enää uudelleen lajitteluun mukaan. Viiluja päätyy paljon myös päällekkäin refeederin kuljettimelle, jolloin lajittelija yleensä hylkää ne. Imulaitteesta aiheutuviin ongelmiin syynä ovat viilujen kosteuserot. Päällekkäin joutuneet viilut aiheutuvat yleensä kosteudeltaan kuivista viiluista, jolloin imulaitteen imuteho on säädetty kyseisille viiluille liian suureksi. Hyvin kosteita viiluja puolestaan, imulaite ei saa imettyä, mikä aiheuttaa refeederin syötössä pysähdyksiä. Koska viilujen kosteuserot voivat vaihdella refeederiin syötetyssä pinkassa huomattavasti, on imulaitteen imutehon säätö hyvin vaikeaa niin, että päällekkäin menoja ei pääsisi tapahtumaan. Lisäksi pinkan kunnolla on suuri merkitys sille, miten imulaite saa nostettua viilut kuljettimelle. Jos viilut ovat huonossa asennossa pinkassa, ei imulaite tahdo saada nostettua viilua, jolloin syntyy katkoksia.

Näiden edellä mainittujen syiden ohella viiluja hajottaa kuljettimelle jääneet tikut ja roskat rikkoontuneista viiluista, mitkä aiheuttavat häiriöitä ja edesauttavat viilujen hajoamista ja hylkäämistä. Lajittelussa hylättyjä viiluja yritetään saada siirrettyä vielä tuotantoon saumaamalla, mutta suurin osa hylkäykseen menneistä viiluista ovat niin huonokuntoisia, että ne joudutaan ajamaan hakkuriin.

Refeeder tahtoo myös sotkea hieman normaalia 01-kuivaajalta tulevaa virtaa. Kun refeederille syötetyn viilun takia kuljetin pysähtyy viilun jäädessä poikittain kuljettimelle tai muusta syystä, pitää 01-kuivalajittelussa olevan henkilön pysäyttää 01-kuivaajan syöttö siksi aikaa, kun hän käy korjaamassa viilun asennon linjalta. Korjauksesta johtuneen seisokin ajan, viilut joutuvat olemaan kuivaajassa pidempään jolloin ne tahtovat välillä kuivua melko kuiviksi. Kuivuus näkyy viilun palaneen ruskeana pintana. Toisaalta kuivaajiltakin tulleet viilut tahtovat silloin tällöin kääntyä kuljettimilla poikittain ja aiheuttaa kuivalajittelulinjoilla häiriöitä ja pysähdyksiä, mutta huomattavasti harvemmin.

Refeeder on rakennettu ja sijoitettu tehtaassa niin, että sen syöttölinja yhtyy 01-kuivaajalta tulevan linjan kanssa, josta ne lajitellaan lokeroihin. Refeederillä on ole-massa kuljettimen päässä ennen linjojen yhtymistä kaksi tunnistinta, jotka tarkkailevat viilun oikeaa asentoa kuljettimella sekä oikea-aikaista syöttöä, jotta viilut eivät menisi päällekkäin linjojen yhdistyessä toisiinsa. Refeederissä viilujen syöttöä 01-kuivalajittelulinjalle määräävät 01-kuivaajalta tulevat viilut, joiden ehdolla refeederissä oleva tunnistin syöttää viiluja. Ongelmana voi välillä olla se, että refeederin kautta syötetty viilu menee 01-kuivaajalta tulleen viilun kanssa päällekkäin, jolloin molemmat viilut joudutaan hylkäämään. Tarkkaillessani työni aikana linjojen kulkua, ei viilujen päällekkäin menoa juurikaan tapahtunut, joten se ei ongelmia ja hylkäyksiä aiheutta-nut. Lisäksi tunnistimien pitäisi olla ohjelmoitu niin, että ne määräävät oikean syöttö-vuoron, jotta päällekkäin menoja ei pääsisi tapahtumaan.

6.4.5 Refeederin siivouksen vaikutus hukkamääriin

Refeederin käytöstä syöttölinjalle kertyy paljon tikkuja ja roskia rikkoontuneista viiluis-ta, mikä aiheuttaa häiriöitä ja edesauttaa viilujen hajoamista. Tämän vuoksi 01-kuivaajan ollessa siivoustöiden takia poissa käytöstä, pitäisi muiden siivoustöiden ohella refeederin kuljetin ja kuljettimen alusta siivota sinne kertyneistä tikkuista ja ros-kista. Tutkimuksen puolivälissä, siivottiin refeeder ja sen kuljetin ensimmäistä kertaa. Tämä oli toisaalta hyvä asia, koska nyt pääsin vertailemaan refeederin kunnon ja siisteyden vaikutusta hukan määrään.

Siivouksen jälkeen, refeederin käyttö parani huomattavasti, eikä enää häiriöitä ja lin-jan pysähdyksiä päässyt syntymään niin paljon. Refeederin siivous näkyi myös re-feederin kautta syötettyjen viilujen hukkamäärässä. Toki hukkamäärän vähenemi-seen juuri siivouksen jälkeen voi olla muitakin syitä, mutta refeeder ja sen kuljettimen pitäminen siistinä ei voi olla vaikuttamatta asiaan. Refeederin siivouksen jälkeen mo-lemmilta kuivaajilta tulneiden viilujen hukkamäärät oleellisesti vähenivät lähes kaikilla viilun paksuuksilla sekä viiluarkin kokojen kohdalla. Jatkossa refeederin siivoukseen tulisikin panostaa kuivaajan siivoustöiden aikana muiden siivoustöiden tavoin. Siivous tulisi tehdä ainakin joka toinen viikko kuivaajan siivoustöiden yhteydessä. Tällöin re-feederin käytöstä saataisiin häiriöttömämpää, hukan määrää lasketuksi sekä refeeder tärkeäksi osaksi tuotantoprosessia.

6.5 Virhearviointi

Työstä saatuja tuloksia tarkasteltaessa ja analysoidessa, huomioon on otettava monia eri asioita, jotka vaikuttavat saatuihin tuloksiin. Työstä saadut tulokset ovat suuntaa antavia. Saadut tulokset uudelleen kuivattavien viilujen kappalemääristä eivät kerro absoluuttista totuutta optimaalisimmista tasaannutusajoista. Tasaannutukseen tulevaisissa pinkoissa saattaa olla paljon sellaisia viiluja, jotka ovat tulleet kuivaajasta ulos useampia tunteja ennen viimeisimpiä kuivaajasta tulleita. Lisäksi lajitelluissa märkäpinkoissa voi olla joukossa refeederin kautta jo useampaan otteeseen kiertäneitä viiluja. Yhden ja saman viilun paikallistaminen pinkasta ja sen yhdistäminen refeederiin syötettyihin oli työni kannalta epäolennaista. Niin tarkkaan tuloksia ei työssäni ollut tarkoitus arvioida ja yhtä viilua vertailla ennen ja jälkeen tasaannutuksen vaan tavoitteena oli seurata ja verrata suurempia määriä kokonaisuudessa.

Tuloksia arvioidessa pitää muistaa ja ottaa huomioon myös se, että tasaannutukseen menneessä märkäpinkassa alimmat viilut seisovat pinkassa pidempään kuin pinkan päällimmäiset, joiden mukaan tasaannutusaika lasketaan. Märkäpinkan alimmaisilla ja päällimmäisillä viiluilla voi olla jopa monien tuntien ero tasaannutusajassa. Lisäksi huomioon on otettava lajiteltaessa märkien viilujen väliin menevien kuivempien viilujen keskikosteus. Kuivemmat viilut imevät paremmin kosteutta märemmistä viiluista, mikä vaikuttaa pinkassa olevien märkien viilujen kosteuden tasaantumiseen. Uudelleen kuivattaviin menneiden viilujen lukumäärässä pitää lisäksi ottaa huomioon se, että märkiin on voitu lajitella päällekkäin olleita viiluja, vaikka yleensä päällekkäin olivat viilut hylätään. Lisäksi tasaannutusaikoihin voi vaikuttaa sorvilta tulleiden viilujen liian nopea syöttö kuivaajaan. Viiluja pitäisi pitää märkävarastossa ennen kuivaajaan syöttöä 3-5 tuntia, jolloin kosteuden tasaannutus alkaisi, mikä auttaisi ja nopeuttaisi kuivauksen jälkeistä kosteuden tasaannutusta.

Hukkamääriä tarkasteltaessa on otettava huomioon se, että osa viiluista voi olla huonokuntoisia jo kuivauksesta tullessa, mutta silti lajiteltu. Lisäksi hukkamääriä tutkittaessa on muistettava, että osa pinkoissa olleista viiluista karsiutui pois jo ennen refeederiä. Syynä tähän oli refeederin imulaite, joka tahtoi välillä imeä kaksi viilua päällekkäin, jolloin alempi viilu irtosi ylemmästä juuri kuljettimelle päästessä. Tällöin tippunut viilu jäi pinkan ja kuljettimen väliin tukkimaan refeederin syöttöä muiden perästä tulevien viilujen osuessa siihen. Imulaite ei myöskään välillä saanut imettyä tarpeeksi lujasti viilua, jolloin se irtosi ennen kuljettimelle pääsyä ja jäi tukkeeksi häiritsemään refeederin syöttöä. Nostolava oli tällöin laskettava alas, jolloin tukkeena olleet viilut tippuivat alas ja hajosivat, jolloin niitä ei saatu otettua enää mittauksiin mukaan. Huk-

kamäärissä suurta määrää voi selittää se, että viilut ovat joutuneet kuljettimella tai kuljettimelle syötettäessä päällekkäin, jonka vuoksi viilut yleensä hylätään, vaikka ne olisivatkin hyväkuntoisia.

Mittausten suorittamiseen käytettiin molemmilta kuivaajilta tulleita viiluja, mutta selvästi enemmän 01-kuivaajalta tulleita viiluja. Vaikka parametrit, joiden mukaan liian kosteat viilut lajitellaan, ovat molemmissa kuivalajitteluissa samat, täytyy tuloksia analysoidessa ottaa kuitenkin huomioon viilujen alkukosteudet, joiden mukaan ne lajitellaan ennen kuivaamista. 02-kuivaaja kuivaa lähinnä pelkästään kuivimpiin kosteusluokkiin kuuluvia viiluja, jotka sorvataan sydänpuusta, jossa kosteusero pintapuuhun verrattuna on merkittävä. Huomion arvoista on myös se, että eri kuivalajittelijoiden välillä kuivaajien asetukset ja parametrit voivat vaihdella samaa kosteusluokkaa kuivatessa. Toiset ovat tottuneet ajamaan alhaisemmilla lämpötiloilla tai suuremmilla kuivaajan nopeuksilla jolloin viilut jäävät märemmiksi. Märemmät viilut voivat kiertää pinkassa lajittelun ja refeederin välillä useaankin otteeseen. Lisäksi märemmät viilut voivat siirtää kosteutta kuivempiin viiluihin niin, että nekin menevät refeederin kautta syötettäessä uudestaan kuivattaviin eli liian kosteisiin ladontaa varten. Lisäksi kuivatessa alhaisemmilla lämpötiloilla tai liian suurilla nopeuksilla, viilut voivat jäädä niin märiksi, että lajittelussa märkälokeroon voi pahimmassa tapauksessa mennä pelkästään märkiä viiluja pitkän aikaa ennen kuin kuiva viilu menee väliin.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli löytää tehtaalla kaikille sorvattaville viilun paksuuksille, viiluarkin koille sekä kummaltakin tehtaan kuivaajalta tulleiden liian märiksi jääneiden viilujen optimaalisimmat kosteuden tasaannutusajat. Lisäksi tavoitteena oli tutkia tasaannutusaikojen sekä refeederin vaikutusta hukkamääriin. Tähän mennessä tasaannutusajoista ei ole tehtaalla ollut käytössä mitään tarkkaa ohjearvoa, vaan vuorosta ja trukkipuskun mukaan, märkäpinkkoja on syötetty uudelleensyöttölaitteeseen tasaannutusajan vaihdellessa hyvin paljon. Optimaalisimman tasaannutusajan löytäminen on tärkeää, jotta turhaa viilujen liikuttelua lajittelun, uudelleensyöttölaitteen ja ladonnan välillä saataisiin vähennettyä. Kaikkea ylimääräistä viilun siirtelyä tulisi välttää, koska se aiheuttaa viilun rikkoutumista ja muuten hyväkuntoista ja tuotantoon kelpaavaa raaka-ainetta menetetään tuotannon ulkopuolelle, mikä aiheuttaa merkittäviä kustannuksia.

Työn suorittamiseksi tehdyistä mittauksista saatiin selville optimaalisimmat tasaannutusajat kaikille viilun paksuuksille ja viiluarkin ko'oilte, jotka tehtaan molemmista kuivaajista tulleiden viilujen kannattaa antaa rauhassa tasaantua märkäpinkkoissa tehtaan varastossa. Liian aikaisin ei kosteuden tasaannutuksessa olleita märkäpinkkoja kannata refeederialle syöttää ellei varastotilanne sitä vaadi. Viilujen syöttäminen refeederialle aiheuttaa aina hukkaa. Viilujen kaikkea ylimääräistä siirtelyä ja liikuttelua tulisi välttää, koska se aiheuttaa viilujen rikkoontumisia ja samalla raaka-ainetta menetetään tuotannon ulkopuolelle. Hukkaan menneitä viiluja yritetään saada siirrettyä vielä tuotantoon saumaamalla.

Tuloksista käy ilmi, että viiluarkin koolla, viilun paksuudella ja kuivauskoneilla on suuri merkitys märkien viilujen kosteuden tasaannutuksessa. 01-kuivaajalta tulleet 8x4 arkit tarvitsevat pisimmät tasaannutusajat. 01-kuivalajittelusta tulleet 2,6 mm:ä paksuja 8x4 märkiä arkkeja olisi syytä pitää kosteuden tasaannutuksessa tehtaan varastossa x aikaa ja paksumpia 3,2 mm:ä ja 3,6 mm:ä hieman kauemmin, jotta suurin osa refeederialle syötetyistä viiluista saataisiin menemään parempiin lajitteluluokkiin. 02-kuivaajalta tulleiden samojen 8x4 kokojen kohdalla, tasaannutusajat olivat puolet lyhyempiä. 02-kuivaajalta tulleiden 2,6 mm:ä paksujen optimaalinen tasaannutusaika oli x ja paksumpien 3,2 mm:ä ja 3,6 mm:ä x tuntia. Näin suuret erot kuivauskoneiden välillä selittyvät sillä, että 02-kuivaajalta tulevat viilut ovat yleensä aina alkukosteudeltaan kuivempaa M1 tai M2 kosteusluokkaa, jolloin niiden kuivuminen sekä kosteuden tasaantuminen on nopeampaa lähtökosteuden ollessa alhaisempi.

Isompien 8x8 arkkien kohdalla, viiluarkit eivät tarvitse niin suuria tasaannutusaikoja kuin pienemmät 8x4 vaan 8x8 arkeissa, kaikissa viilun paksuuksissa kosteus tasaantuu paljon nopeammin ja tasaisemmin. 8x8 arkeista menee jo melko lyhyilläkin tasaannutusajoilla suuria määriä kuivempiin lajitteluluokkiin eikä enää liian kosteisiin. 8x8 arkkien viilun paksuuksia vertaillen kosteuden tasaantumiseen, selviää, että paksummat viilut eivät tarvitse niin pitkiä tasaannutusaikoja kuin 2,6 mm:ä. Paksumpien viilujen kohdalla kosteuden tasaantuminen on nopeampaa ja tasaisempaa. 8x8 arkit olivat aina 01-kuivaajalta tulleita, koska 02-kuivaaja ei kuivaa ollenkaan 8x8 kooka. 8x8 arkkien kohdalla 2,6 mm viilun paksuuden optimaalisin tasaannutusaika ennen kuin se asettuu vaaditulle tasolle, on x tuntia. Ennen tätä, heilahtelu tasaannutusaikojen ja uudelleen kuivattavien välillä on melko suurta. 3,2 mm:n kohdalla kosteuden tasaannutus on paljon tasaisempaa ja lyhyempää. Jo lähes kuivalajittelusta tullessa, märät 3,2 mm 8x8 arkit ovat valmiita syötettäviksi refeederille. Optimaalisin tasaannutusaika on x tunnista ylöspäin. 3,6 mm 8x8 arkit ovat valmiita syötettäviksi refeederille hieman pidemmän tasaannutusajan jälkeen kuin 3,2 mm:ä, x tasaannutustunnin jälkeen.

Yksi tämän opinnäytetyön tavoitteista oli tutkia eri tasaannutusaikojen vaikutusta hukan määrään. Tuloksista huomataan, että lähes kaikilla testaukseen käytetyistä viiluista tasaannutusajan kasvaessa, syntyy myös enemmän hukkaa. Jotkut pinkat jouduivat välillä olemaan todella kauan tasaannutuksessa, jolloin pinkoissa olevat viilut tahtovat kuivua liian hauraiksi, mistä seuraa etteivät viilut kestä niihin liikuttelusta kohdistuneita rasituksia vaan repeytyvät ja hajoavat.

Tuloksista pystytään havaitsemaan, että ohuemmat viilut hajoavat herkemmin kuin paksummat ja niitä ajettaessa syntyy enemmän hukkaa molempien viiluarkkien kokojen kohdalla. Viilun paksuuden ollessa 3,2 mm:ä ja 3,6 mm:ä, aiheuttaa se huomattavasti vähemmän hukkaa kuin ajettaessa 2,6 mm viilun paksuutta. 3,2 mm:ä ja 3,6 mm:ä paksuiset viiluarkit ovat lujempia, joten ne kestävät paremmin niihin liikuttelussa kohdistuneita rasituksia, kun taas puolestaan 2,6 mm:ä paksut viiluarkit repeytyvät, hajoavat ja kääntyvät helpoiten kuljettimilla poikittain, jolloin viilut yleensä joudutaan hylkäämään. Tuloksista kuivauskoneiden vaikutuksesta hukkamääriin, huomataan, että 02-kuivaajalta tulleiden viilujen hukkamäärät ovat suurempia x aikana verrattuna 01-kuivaajalta tulleisiin. 02-kuivaajalta tulleiden viilujen suuremmat hukkamäärät selittyvät sillä, että viilut tulevat usein kuivempina ja huonompikuntoisina ulos 02-kuivaajasta, jolloin liikuttelusta aiheutuvat rasitukset hajottavat niitä helpommin.

Olisi tärkeää, että optimaalisista tasaannutusajoista pidettäisiin huolta ja, että pinkat syötettäisiin tämän ajan sisällä refeederille niin hyvin kuin se vain on mahdollista ja varastotilanne sen sallii. Näin säästytään turhalta työltä ja hukalta, kun ei syötetä märkäpinkkoja turhan liian aikaisesti refeederin kautta uudelleen lajiteltaviksi. Liian aikainen syöttäminen refeederille aiheuttaa viilujen turhaa ja ylimääräistä liikuttelua, mikä johtaa viilujen rikkoontumisiin. Näin saataisiin refeederistä kaikki sen tarjoamat hyödyt ja edut käytettyä hyväksi ja siirrettyä tuotannon tarpeisiin Työn aikana ohjeistettiin trukkipuskeja laittamaan sekä pinkkalapun märkäpinkkojen väliin että merkkamaan spraymaalilla tarkat kellonajat milloin märkäpinkat olivat tulleet kuivalajitteluista tasaannutukseen sekä kummalta kuivaajalta kyseinen märkäpinkka oli tullut. Tästä tavasta olisi syytä pitää kiinni tehtaalla jatkossakin, jotta trukkipuskit näkisivät kosteuden tasaannutuksessa oleviin märkäpinkkoihin merkityistä kellonajoista optimaalisimman ajan, milloin kyseinen pinkka kannattaisi syöttää refeederille. Lisäksi täysin päällekkäin joutuneita viiluja ei tarvitsisi välttämättä ajaa hylkäykseen, koska yksi suuri syy miksi viiluja kuivalajitteluissa hylätään, ovat päällekkäin menot. Jos päällekkäin menneet viilut lajiteltaisiin, saataisiin hukkamääriä pienennetyksi, koska päällekkäin joutuneet viilut ovat yleensä hyväkuntoisia ja muuten tuotantoon kelpaavia. Tarkkaa tasaannutusaikojen vaikutusta hukkamääriin on vaikea arvioida, koska suurin hukan aiheuttaja oli refeeder.

Yksi iso tekijä hukkamääriin oli siis refeeder. Refeederin käyttöä ei tehtaassa henkilökunnan kesken ole pidetty kovinkaan suotuisana ja sen käytöstä saadut tulokset eivät ole olleet mairittelevia. Refeederin käyttö hidastaa normaalia kuivaajalta tulevien viilujen ajoa. Lisäksi refeederin ajo keskeytyy vähän väliä viilujen kääntyessä kuljettimella poikittain. Linjan pysähtyessä, kun kuivalajittelijan pitää nousta korjaamaan viilujen asentoa refeederin kuljettimella, joutuvat viilut olemaan kuivaajassa pidempään, jolloin viilut tahtovat kuivua liikaa, mikä näkyy viilun palaneen ruskeana pintana.

Lisäksi refeederin käytöstä sen kuljettimelle kertyy paljon tikkuja ja roskia rikkoontuneista viiluista, mikä aiheuttaa häiriöitä ja edesauttaa viilujen hajoamista. Refeederistä olisi saatavissa nyt nähtyä paljon parempia tuloksia ja sen koko tarjoama potentiaali käytettyä, jos sen siivoukseen nähtäisiin jatkossa enemmän vaivaa. Refeederin toiminnasta ja käytöstä saadaan moitteettomampaa ja häiriöttömämpää, kun se pidetään siistinä roskista ja viilusuikaleista. Tämän takia olisi äärimmäisen tärkeää, että kuivaajan ollessa siivoustöiden takia seisokissa, refeederille ja sen kuljettimelle kerääntyneet roskat ja viilusuikaleet kerättäisiin ja siivottaisiin sieltä pois. Normaalin 01-kuivaajan siivoustöiden aikana ei refeederiä puhdistettu nyt juuri lainkaan ja kuljetti-

melle kertyneitä tikkuja ja viiluja ei korjattu sieltä pois. Refeederistä saadut huonot kokemukset olivat seurausta siitä, että laitetta ei siivottu.

Kuljettimen ollessa puhdas ylimääräisistä tikkuista ja roskista, ei pysähdyksiä syntyisi niin paljon ja refeederin käyttö parantuisi. Lisäksi jokaisen refeederille syötetyn pinkan välissä trukkipuskien tulisi puhdistaa nostolava sinne jääneistä viiluista ja roskista. Tämä lisäisi varmasti myös tehtaan henkilökunnan arvostusta refeederiä kohtaan. Olosuhteiden ollessa kunnossa ja laitteiden ja niiden ympäristöstä huolehtimisella, refeederin käytöstä saadaan häiriöttömämpää ja tärkeäksi osaksi tuotantoprosessia. Jotta tehtaan hyötysuhdetta saataisiin parannettua ja hukan määrää vähennettyä, tulisi refeeper pitää siistinä ja kiinnittää enemmän huomiota sen siivoukseen.

Huomasin, että varsinkin märkien 8x4 arkkien lajittelu oli yksi iso syy siihen, miksi viilujen syöttö häiriintyy refeederissä. Viilut, joita märkiin lajittelulokeroihin lajitellaan, voivat olla joko liian suuria ja leveitä tai kapeita jolloin viilupinkat reunat eivät jää tasaisiksi. Syötettäessä tällaiset pinkat refeederiin, aiheuttaa se ongelmia. Kulloinkin vuorossa olevalla lajittelijalla on suuri vastuu siitä mitä lajittelulokeroihin päätyy. Refeeder on melko häiriöaltis ja sen häiriötön ja keskeytymätön käyttö riippuu pitkälti siitä, missä kunnossa refeederille syötetty pinkka on tullut lajittelusta. Tämän takia lajittelulokeroon, johon märät, varsinkin 2,6 mm:ä, 8x4 viiluarkit lajitellaan, pitäisi keksiä jotain, mikä auttaisi, että pinkkojen reunat pysyisivät lokeroissa suorina ja samassa tasossa. Epätasaiset pinkkojen reunat ovat yksi suuri syy, miksi refeederin syöttö ja käyttö häiriintyvät. Lajittelusta tulleiden pinkkojen kunnolla on suuri merkitys refeederin häiriöttömälle käytölle.

Siivouspäiviä, jolloin 01-kuivaaja on poissa käytöstä, voitaisiin hyödyntää syöttämällä refeederille pitkään tasaannutuksessa olleita pinkkoja, joista lähtökohtaisesti pitäisi mennä suurin osa kuiviin lajitteluluokkiin eikä enää liian kosteisiin. Tällä tavoin saataisiin märkäpinkkoja ajettua refeederille ennen kuin viilut tahtovat kuivua niin alas, että ne hajoilevat. Samalla säästyttäisiin monelta hylkäykseen menneeltä viilulta, jota pitkät tasaannutusajat aiheuttavat. Tällä tavoin saataisiin myös raivattua lisää tilaa varastoon. Lisäksi, jos ladonnassa on viiluista pulaa, saadaan lisää viiluja siirrettyä nopeammin ladontaan, kuin että odoteltaisiin 01-kuivaajan käynnistymistä siivouksen jälkeen.

Tehtaalla 01-kuivalajittelussa eri operaattoreiden välillä 01-kuivaajan ajoarvot poikkeavat jonkin verran toisistaan. Toiset ovat tottuneet ajamaan erilaisilla kuivaajan ajoarvoilla kuin toiset. Olisi tärkeää, että operaattoreiden väliset ajoarvot saataisiin

yhtenäistettyä niin, että samaa kosteusluokkaa ajettaisiin samoilla kuivauskoneiden ajoarvoilla operaattorista riippumatta. Näin tutkimani tasaannutusaikojen vaikutus uudelleen kuivattaviin viiluihin saataisiin paremmin käyttöön kun tiedetään, että viilut ovat kuivattu samoilla kuivauskoneiden parametreilla. Nämä kuivauskoneista ja operaattoreista johtuvat erot ajoarvoissa voivat selittää suuret uudelleen kuivattaviin menneiden viilujen lukumäärät, vaikka tasaannutusaika olisikin pitkä ja sellainen, jolla lähtökohtaisesti suurimman osan pinkassa olleiden viilujen kosteuden olisi pitänyt tasaantua jo niin, että viilujen pitäisi olla kuivia. Lisäksi pienet uudelleen kuivattaviin menneiden viilujen lukumäärät lyhyillä tasaannutusaajoilla voivat selittyä näillä operaattoreiden välisillä erilaisilla kuivaajien ajoarvoilla.

LÄHTEET

Isomäki, Koponen, Nummela, Suomi-Lindberg. 2002. Puutuoteteollisuus 2: Raaka-aineet ja aihiot. 1. painos. Helsinki: Edita Prima Oy.

Koponen, H. 2002. Puutuoteteollisuus 4: Puulevytuotanto. 3. uudistettu painos. Helsinki: Edita Oy.

Kuikka, K., Kunelius, K. 1992. Puutekniikka 2: Materiaalit. 1.-2. painos. Keuruu: Otavan Kirjapaino.

Kärkkäinen, M. 2003. Puutieteen perusteet. Hämeenlinna: Metsäkustannus.

Raute Oyj www-sivu [viitattu 27.3.2013]. Saatavissa: <http://www.raute.fi/moisture-analysis>

UPM intranet:

<https://intranet.upm.com/BusinessesFunctions/EngineeredMaterials/Plywood/Plywood-Suomi/Tehtaat/Pellos/Pages/default.aspx>

